Charakterisierende Untersuchungen zum Reibungs- und Verschleißverhalten von Polyethylen (PE), gefüllt mit Haferspelzen

Autoren: Dipl.-Ing. Kay Cramer, Dipl.-Ing Sven Eichhorn, TU Chemnitz Professur Fördertechnik

Kurzfassung:

Durch die Verwendung eines hochgefüllten Compounds aus Haferspelzen in einer Matrix aus Kunststoff ist es möglich tribologisch hochbelastbare Führungs- und Stützelemente für Zug- und Tragmittel im Anwendungsfeld der Fördertechnik aus nachwachsenden Rohstoffen herzustellen. Die Werkstoffe weisen in Bereichen höherer tribologischer Belastungsintensitäten gegen die getesteten Reibpartner Vorteile hinsichtlich Reibwert und Verschleiß auf. Es werden Ergebnisse tribologischer Untersuchungen mit verschiedenen Reibpartnern und Oberflächenmodifikationen dargestellt. Der Fokus liegt dabei auf einer 60%/40% Mischung aus Haferspelzen und Polyethylen (PE).

Bibliographische Angaben

Cramer, Kay; Eichhorn, Sven

„Charakterisierende Untersuchungen zum Reibungs- und Verschleißverhalten von Polyethylen (PE), gefüllt mit Haferspelzen“

“Characterising research on friction and wear behaviour of polyethylene filled with oat husk”

Langfassung zum Postervortrag auf der 22. Fachtagung über die Verarbeitung und Anwendung von Polymeren - TECHNOMER 2011, Themenblock „Faserverbundkunststoffe“

Schlagworte: Haferspelzen, Tribologie, Verschleiß, Reibpaarung, hochgefülltes Polymer, gefüllter Kunststoff, dynamischer Reibwert, Kunststoffe

18 Seiten, 19 Abbildungen, 4 Tabellen

1 Einleitung

Um Zug- und Tragmittel in der Fördertechnik, z. B. Rollen- oder Gleitketten, Zahn- und Rundriemen sowie Mattenketten und Fördergurte abzustützen, werden in der Regel meist Kunststoffschienen aus hochmolekularen Polyethylen (PE-UHMW) oder aus Polyamid (PA) verwendet. Die verwendeten Führungs- und Stützschienen aus thermoplastischen Kunststoffen ermöglichen zwar einen quasi schmierungsfreien Einsatz, haben jedoch bei Rollen- und Staurollenketten den Nachteil, dass nur eine begrenzte Fördergeschwindigkeit bzw. Gutmasse erreicht wird, da sich in Folge der Kriechneigung insbesondere bei langen Belastungszeiten die Rollen oder Ketten in die Oberfläche der Kunststoffschiene des Materials eindrücken. Bei den Anwendungen in Verbindung mit Riemen oder Ketten treten schon bei relativ geringen Gleitgeschwindigkeiten und mittleren Belastungen in Folge der Normalkräfte aus der Gutmasse thermische Überlastungen auf.

Um diese Mängel zu beseitigen, kommen aus werkstofftechnischer Sicht aktuell gleitmodifizierte Schienen zum Einsatz, um die Reibwerte zwischen Schiene und Kette zu senken, wobei deren Bandbreite von eingelagertem Öl über Glaskugeln bis hin zu Fasern reicht. Weiterhin finden in diesem Zusammenhang Gleitleisten Anwendung, welche eine definierte Verschleißschicht besitzen, die auf einem Trägermaterial ruht. Alle diese Varianten sind entweder in ihrer Herstellung teuer oder müssen in kurzen Intervallen ausgetauscht werden, was zu erhöhtem Materialaufwand und zu Stillstandzeiten in der Produktion führt.

Zusammenfassend ergeben sich für die derzeit in der Praxis eingesetzten Schienen folgende Probleme:

1. Unter starker Belastung durch das Transportgut hervorgerufen, neigt das eingesetzte Material teilweise zum Kriechen, infolge dessen wird die Gebrauchstauglichkeit der Führungs- und Stützelemente negativ beeinflusst.
2. Durch die relativ starke Belastungsintensität (Energieeintrag in die Reibpaarung p*v-Wert in W/mm^2) kommt es zu einer hohen Temperaturbelastung welche den Aspekt in 1. noch verstärkt
3. Wird zur Verbesserung des tribologischen Verhaltens bewusst eine Verschleißschicht eingesetzt, so muss deren Abnutzungsvorrat turnusmäßig aufgefüllt oder das ganze Maschinenelement getauscht werden.

Es wird deutlich, dass die aktuell in der Praxis verwendeten Kunststoffgleitleisten ein großes Verbesserungspotenzial hinsichtlich tribologischer Belange aufweisen.

2 Ansatz und Zielstellung

Aufbauend auf positiven Erfahrungen mit Holzpartikeln [1] und den dargestellten Nachteilen des Standes der Technik wurde untersucht, welche Möglichkeiten Haferspelzen bieten als tribologisch aktives Füllmaterial Verwendung zu finden. Der Füllstoff soll einerseits durch einen verringerten Verschleiß höhere Standzeiten der Bauteile und andererseits durch einen verringerten Reibwert eine Einsparung von Antriebsenergie im Förderer ermöglichen. Beide Aspekte verbessern die Wirtschaftlichkeit des Fördersystems.

3 Methodik

Bezug nehmend auf Ergebnisse zur Materialentwicklung und Untersuchungen des mechanischen Verhaltens verschiedener Materialmischungen aus Kunststoff und Haferspelzen [2] werden nachfolgend Analysen zum Reib- und Verschleißverhalten von Polyethylen gefüllt mit Haferspelzen näher erläutert. Sämtliche Reib- und Verschleißanalysen erfolgten auf Grundlage der Arbeit von Eichhorn und Claus [1].

Ein Reibwert ohne Angabe des dazugehörigen Verschleißes hat für sich allein betrachtet keine große Aussagekraft. Ein Werkstoff kann unter Umständen bei einem starken Verschleiß sehr gute Reibwerte erreichen, die Reibpaarung ist aber durch hohen Verschleiß technisch nicht nutzbar. Zudem ist es wichtig, beide Reibpartner (Ober- und Unterprobe) in die Untersuchung mit einzubeziehen, da oftmals der Effekt auftritt, dass ein Reibpartner besonders stark verschleißt und der Zweite dafür deutlich geringer.

Um diesem Aspekt Rechnung zu tragen wird der Tribologiewert gebildet. Dieser Wert ist als dimensionslose Kennzahl durch ein gewichtetes Verhältnis aus dem Reibwert und den Verschleißwerten der Reibpaarung gekennzeichnet und bildet die Grundlage für eine verbesserte Beurteilung einer Reibpaarung. Für die tribologische Verwendung bildet er sowohl den Reibwert als auch das Verschleißverhalten der Unter- und Oberprobe (also beider Reibpartner!) ab. Geringere Tribologiewerte sind für eine Reibpaarung günstiger als hohe. Für den allgemeinen Fall gilt:

$$\text{Tribologiewert} = (\text{Reibwert}) + (\text{Verschleiß})$$

$$T = (C_1 * \mu) + (C_2 * V_U + C_3 * V_O) \quad \text{[Formel 1]}$$

Dieser allgemein formulierte Ansatz wurde für die nachfolgend dargestellten Untersuchungen mit den Parametergrößen $C_1 = 1$, C_2 und $C_3 = 0{,}1$ angewendet. Das bedeutet, dass Reibwert und Verschleiß der Reibpaarung (bezüglich der Zehnerpotenz) gleichwertig in den Tribologiekennwert eingehen.

T	Tribologiewert
μ	dynamischer Reibwert (Gleitreibwert)
V_O	Verschleiß Oberprobe (Förderkette), nach Abb.1
V_U	Verschleiß Unterprobe (Stützelement), nach Abb.1
C_1	Wichtungsfaktor für den Reibwert
C_2	Wichtungsfaktor für den Verschleiß der Unterprobe
C_3	Wichtungsfaktor für den Verschleiß der Oberprobe

Tab.1: Erklärung der Faktoren von [Formel 1]

Der Tribologiewert wird damit für die Praxis besser greifbar, da er als eine Art „Ersatzreibwert“ klassifiziert wird. Für die Bestimmung wurden die Kennwerte für den dynamischen Reibwert μ, den Verschleiß der Unterprobe V_U, und der Oberprobe V_O als Mittelwerte, resultierend aus zwei Versuchen pro Kennwert, für die verschiedenen Reibpaarungen bestimmt und ausgewertet. Die Reibpaarungen wurden über 24 Stunden getestet. In die Reibwertermittlung gingen die letzten zwei Stunden ein, da in diesem Zeitabschnitt bereits ein gewisser „Einlaufeffekt“ im tribologischen Verhalten zu beobachten ist.

Die Bewertung des Abriebes und der Oberflächendeformation wurde in acht Stufen vorgenommen und in einem Bewertungssystem (Abb. 1) zusammen gefasst.

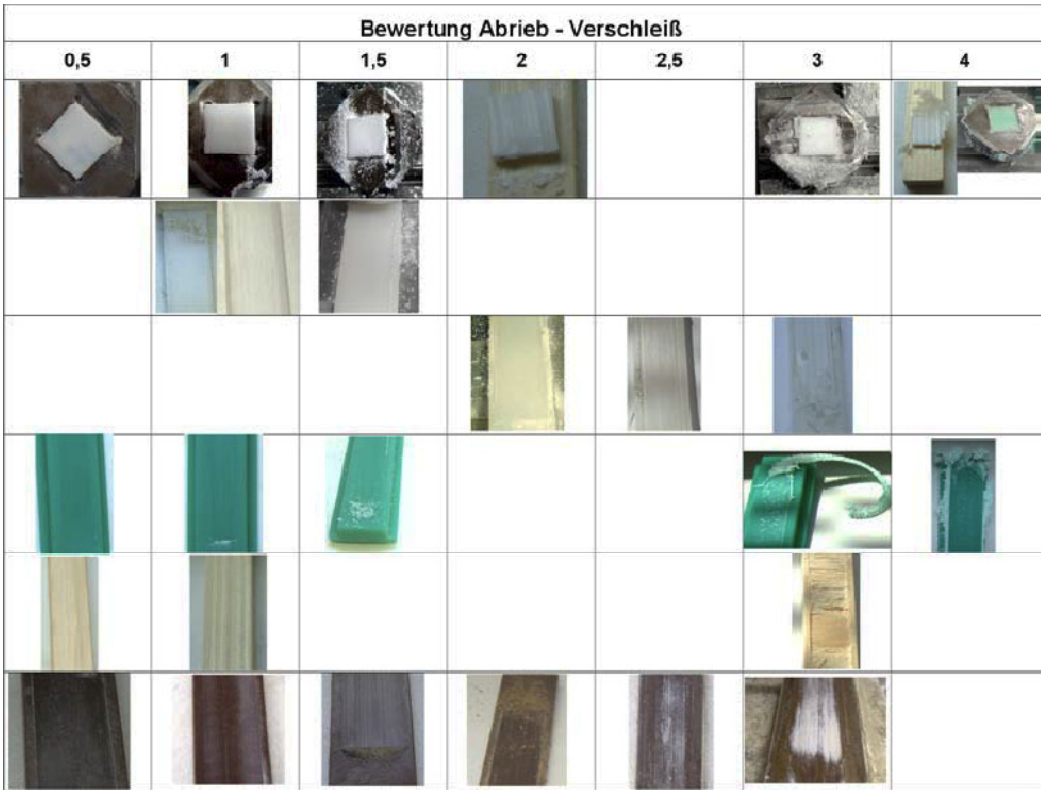


Abb. 1: Bewertungssystem im Überblick (acht Stufen 0 - 4) Beispiele verschiedener Werkstoffe [1]

Null (0) bedeutet dabei kein Verschleiß, drei (3) bildet die Unbrauchbarkeit der Reibpaarung durch übermäßigen Verschleiß nach 24 Stunden Testzeit ab. Vier (4) verkörpert das Versagen der/des Reibpartner/s in der Reibpaarung vor Ablauf des 24h-Versuchs durch übermäßigen Verschleiß. Die Schrittweite beträgt dabei 0,5 Wertungspunkte, um die notwendige Genauigkeit zu erreichen.
Die Ergebnisse aller tribologischen Untersuchungen wurden zur besseren technischen Einordnung und Beurteilung in Beziehung zum aktuellen Stand der Technik gebracht. Die notwendigen Kennwerte dafür wurden aus bereits vorhanden Messungen [1] übernommen.

4 Versuchsaufbau und verwendete Proben

4.1 Versuchsaufbau

Zur Reibwertermittlung kam ein spezieller Reibwertversuchsstand zum Einsatz (Abb. 2). Durch die Hubbewegung wird die Oberprobe (rot - aus Förderketten) auf der Unterprobe (braun - Kunststoff mit Haferspelzenanteil) bewegt und damit das Gleiten verschiedener Ketten über eine Gleitleiste (Einsatz in einem Fördersystem) simuliert. Während des gesamten Versuches bleibt die Anpresskraft der Oberprobe und die Hubgeschwindigkeit im Mittel konstant.

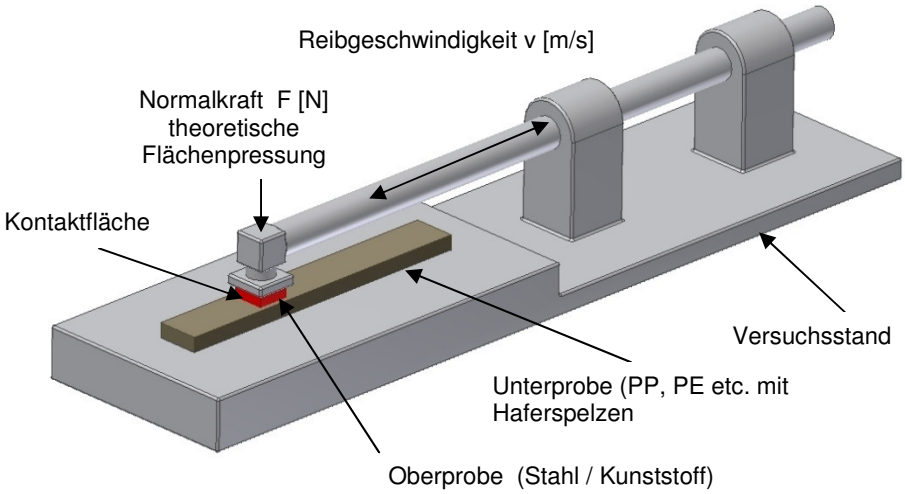


Abb.2: schematische Darstellung des Versuchsstandes zur Bestimmung der tribologischen Eigenschaften [1]

4.2 Oberproben

Für die Oberproben wurden Versuchsstücke aus Ketten, welche für die Fördertechnik typische sind verwendet. Es wurden Proben aus handelsüblichen Kunststofffingerketten (Bosch-RexrothVF60, Werkstoff Delrin 500 AL Du Pont, gleitmodifiziert, Versuchsbezeichnung „Kunststoff“) bzw. Scharnierbandketten

(novonorm SSE815-K325, Werkstoff: 1.4589, X5CrNiMoTi15-2, Versuchsbezeichnung: „Stahl“), jeweils aus einer Charge in den Abmaßen (15x15) mm entnommen und vom Grat befreit, ohne die potenzielle Kontaktfläche der Reibpaarung zu verändern (Abb. 3).

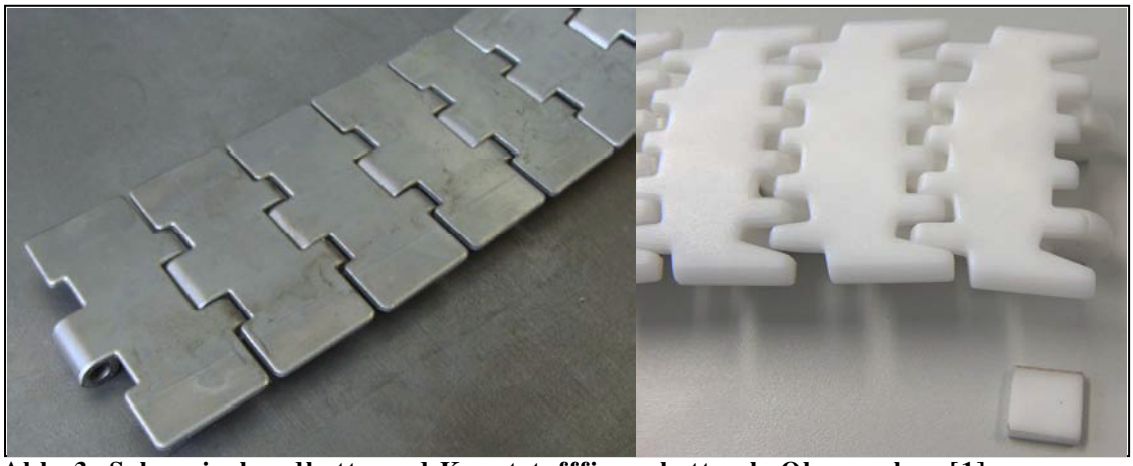


Abb. 3: Scharnierbandkette und Kunststofffingerkette als Oberproben [1]

4.3 Unterproben

Als Unterproben wurden spritzgegossene Versuchskörper verschiedener Matrizes (PP,PE) und Füllgraden der Haferspelzen mit recheckigem Querschnitt (150x25x4) mm, welche aus größeren Platten entnommen wurden, verwendet.

Um den tribologischen Verschleiß der oberen Schicht (Spritzhaut) der Kunststoffgleitleisten im Praxisbetrieb zu simulieren wurden bei einigen Probekörpern die obere dünne Kunststoffschicht abgefräst. Dieser Vorgang brachte die Haferspelzen an die Oberfläche der Probe (Abb. 4), so daß ein direkter Kontakt mit dem Reibpartner der Oberprobe (Ketten) erfolgte.

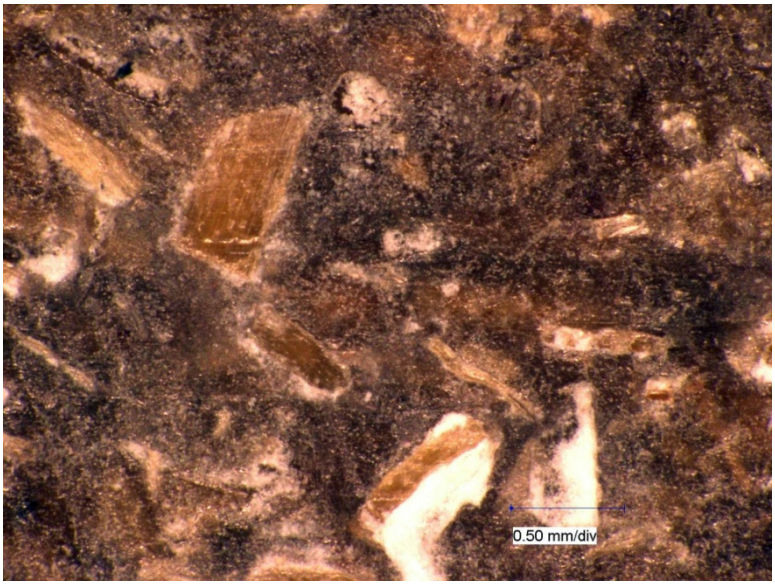


Abb. 4: mikroskopische Aufnahme einer überfrästen Gleitleiste (100fache Vergrößerung)

4.4 Versuchsparameter

Um einen möglichst großen Einsatzbereich zu simulieren wurden verschiedene Belastungen mit den Reibpaarungen geprüft. Es wurde der Anpressdruck und die Reibgeschwindigkeit variiert. Bei den Werkstoffpaarungen tritt dabei eine „Doppelbelastung“ auf. Durch die Kombination von Anpresskraft und Reibgeschwindigkeit kommt es in der Reibpaarung sowohl zu einer mechanischen als auch durch den „Wärmeeintrag“ infolge der Reibung zu einer thermischen Belastung. Besonders relevant ist zudem die Wärme(ab)leitung aus der Wirkzone. Die Untersuchungen wurden mit vier verschiedenen Belastungsintensitäten durch geführt (Tab. 2). Der Wert p*v (Belastungsintensität) steht dabei für den Energieeintrag in das System und wird mit W/mm² angegeben.

Nr.	p [N/mm²]	v [m/s]	p*v [W/mm²]	Steigerungsfaktor bzgl. Nr.1
1	0,22	0,1	0,022	1
2	0,5	0,1	0,05	2,27
3	0,22	0,5	0,11	5
4	0,5	0,5	0,25	11,36

Tab. 2: Versuchsparameter – tribologische Belastungsintensitäten (vergl. [1])

Die untersuchten Reibpaarungen sind in Tab.3 dargestellt.

p [N/mm²]	v [m/s]	p*v [W/mm²]	Oberprobe/Unterprobe
0,22	0,1	0,022	Kunststoff oder Stahl/PP mit verschiedenen Mischungen (25,33,50)%Haferspelzen (Korngröße:grob, mittel, fein), mit und ohne Additiv
0,22/0,5	0,1/0,5	0,022/0,05/0, 11, 0,25	Kunststoff oder Stahl/ (PE/HS_mittel/Additiv, (60/35/5)% = HS60/40

Tab. 3: Überblick untersuchte Reibpaarungen

5 Ermittlung tribologischer Kennwerte

5.1 Reibwertermittlung

Erste Voruntersuchungen zum Einbetten von Haferspelzen in eine Matrix wurden unter anderem mit Polypropylen (PP) durchgeführt, da dieser Werkstoff gute Eigenschaften beim Spritzgiessen aufweist und bereits positive tribologische Erfahrungen mit Holz als Füllstoff vorlagen. [1] In dieser Vorserie wurde vorrangig die Verabeitbarkeit von Haferspelzen getestet. Dazu wurden Haferspelzen in verschieden Mahlgaden (fein, mittel, grob) und verschieden Anteilen (25,33,50)%

dem Matrixmaterial PP zugegeben. Damit sollte der Einfluss der Korngröße auf das Spritzgussverhalten und auf das triblogische Verhalten untersucht werden.

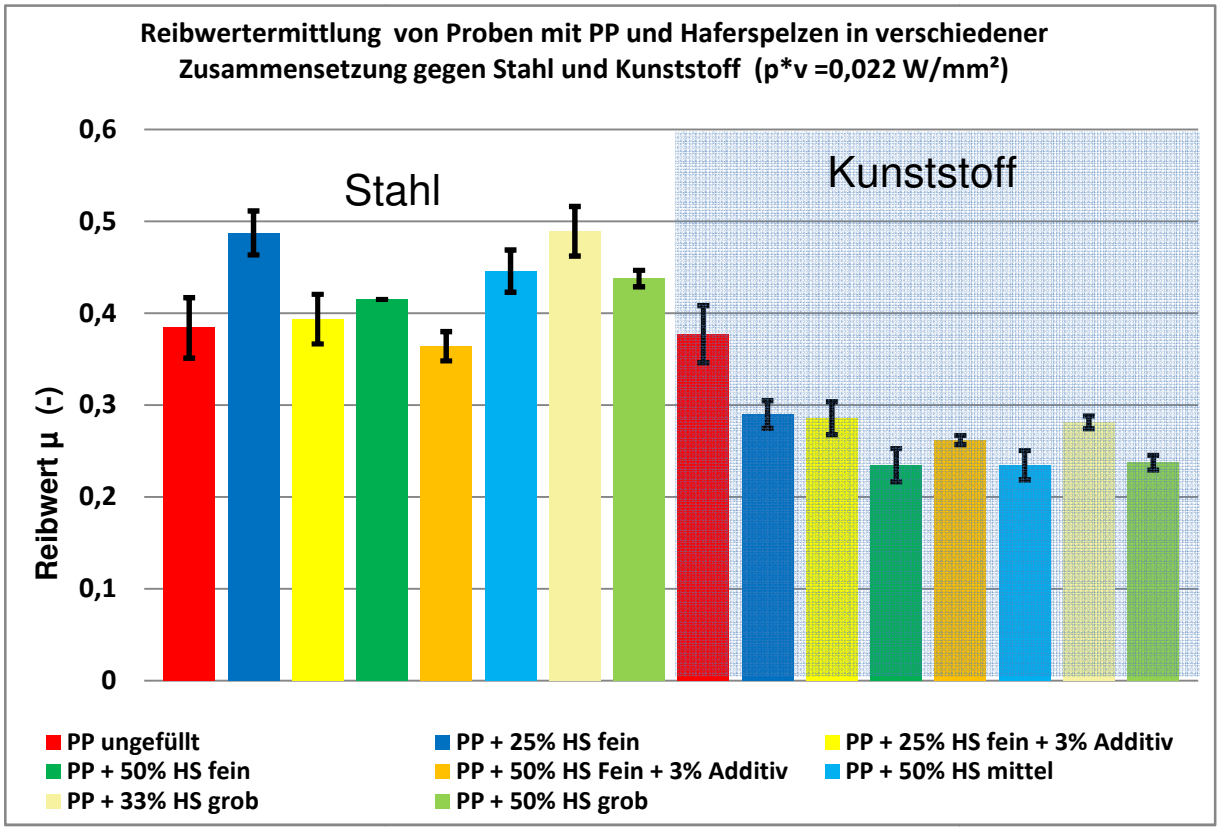


Abb. 5: Reibwertermittlung von Proben mit PP und Haferspelzen in verschiedener Zusammensetzung gegen Stahl und Kunststoff

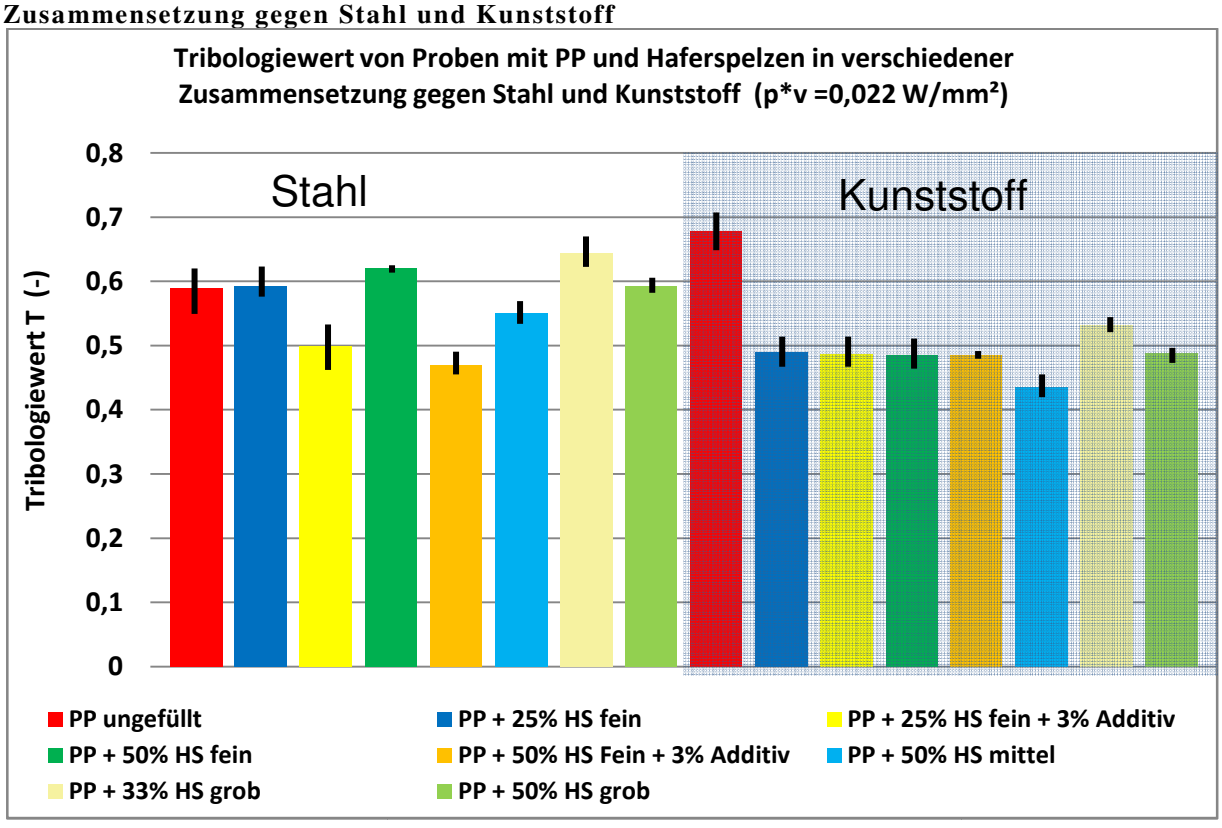


Abb.6: Tribologiewert von Proben mit PP und Haferspelzen in verschiedener Zusammensetzung gegen Stahl und Kunststoff

In Abb. 5 und 6 sind die Reibwerte und die zusammen mit dem Abrieb der Ober- und Unterproben resultierenden Tribologiewerte gegen Stahl und Kunststoff für die verschiedene Zusammensetzungen dargestellt. Die Streuung bildet die beiden ermittelten Messwerte ab. Die Belastungsintensität betrug 0,022 W/mm². Das Additiv wurde bezogen auf die Masse von Matrixmaterial und Füllstoff zur Verbesserung der Spritzgusseigenschaften hinzugefügt.

Bei der Auswertung der Untersuchungen zur Ermittlung des maximalen Haferspelzenanteils [2] erwies sich sowohl für das Spritzgießen als auch für eine vorteilhafte tribologische Verwendung eine Mischung aus 60% Haferspelzen mittlerer Korngröße mit 35% Polyethylen und 5% Additiv als vielversprechend. Mit diesem Werkstoff (HS60/40) wurden ausführliche tribologische Untersuchungen durchgeführt. Zunächst wurde untersucht welchen Effekt das Abfräsen der Oberfläche (Spritzhaut) bei den Unterproben bewirkte.

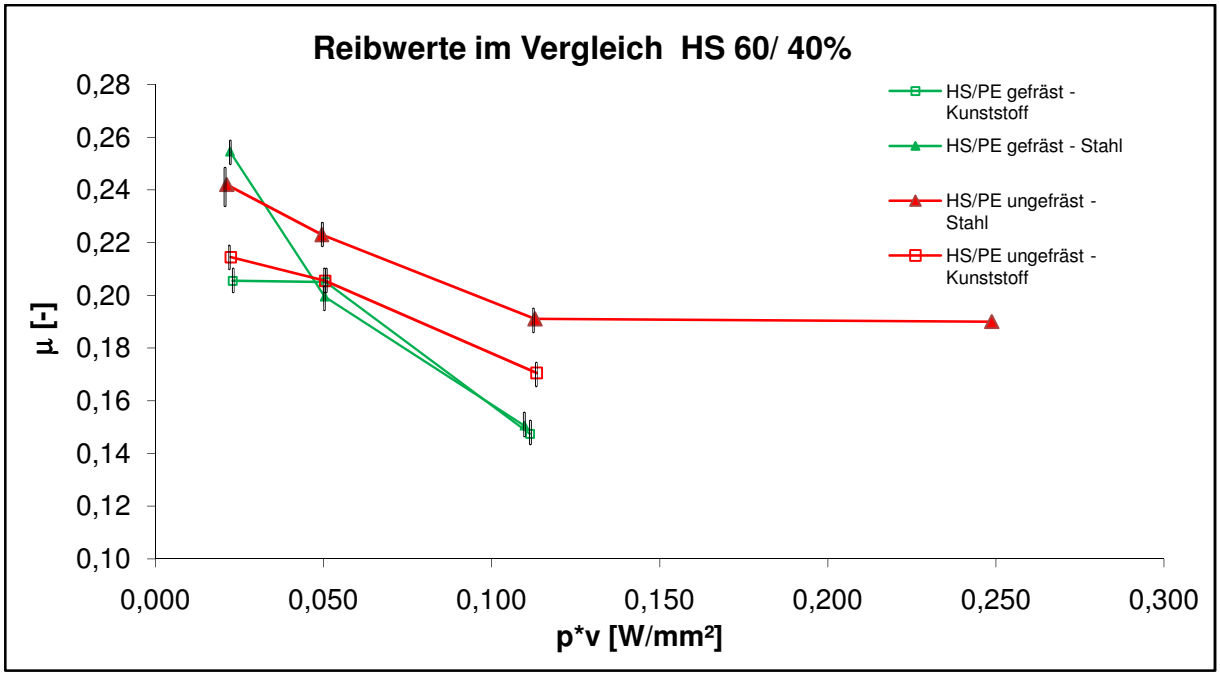


Abb. 6: Reibwertevergleich zwischen gefräster und ungefräster Oberfläche

In der Abbildung 6 ist deutlich zu erkennen, dass sich mit steigender Belastungsintensität deutliche Unterschiede im Reibwert ergeben. Sowohl gegen Stahl als auch gegen Kunststoff liegen die Reibwertergebnisse bei Belastungsintensitäten von 0,1 W/mm² bei ca. 0,15. Das Überfräsen der Proben generiert bei den mit Haferspelzen gefüllten Proben bei steigender Belastungsintensität sichtbare Vorteile. Im Folgenden wurden die Reibwerte der überfrästen Proben mit denen anderer Werkstoffe verglichen.

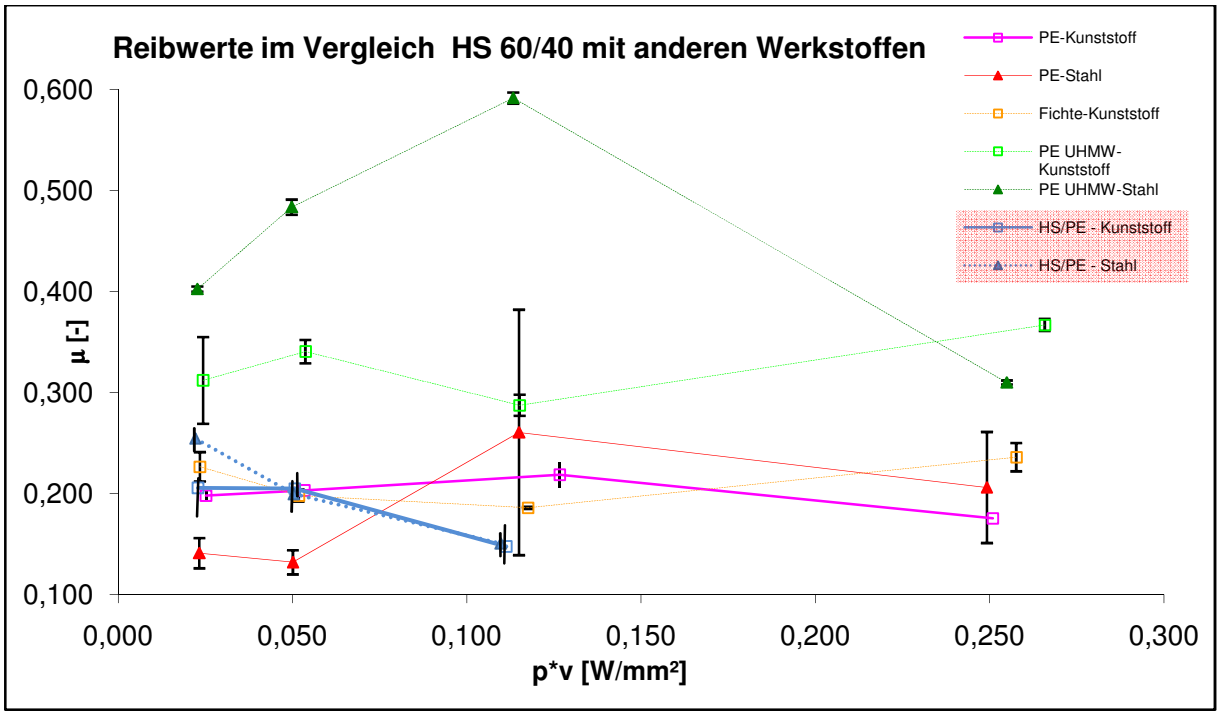


Abb. 7: Reibwerte HS 60/40 gefräst im Vergleich mit anderen Werkstoffen (Vergleichswerte aus [1])

Werkstoff	p*v [W/mm²] 0,022	p*v [W/mm²] 0,05	p*v [W/mm²] 0,11	p*v [W/mm²] 0,25
PE - Kunststoff	**0,198**	**0,203**	**0,219**	**0,176**
PE - Stahl	**0,141**	**0,132**	**0,261**	**0,206**
Fichte - Kunststoff	**0,227**	**0,198**	**0,186**	**0,236**
PE UHMW - Kunststoff	**0,312**	**0,341**	**0,288**	**0,367**
PE UHMW - Stahl	**0,403**	**0,484**	**0,592**	**0,310**
HS/PE (60/40, überfräst)-Kunststoff	**0,206**	**0,205**	**0,148**	**-**
HS/PE(60/40, überfräst) - Stahl	**0,255**	**0,200**	**0,141**	**-**

Tab. 4: Zahlenwerte der gemessenen Reibwerte in Abb. 7

Auch in Abb. 7 ist zu erkennen, dass bei Belastungsintensität größer 0,075 W/mm², die Streuung in die Betrachtung mit einbezogen, eine Verbesserung erkennbar wird. Vor allem gegenüber dem Ausgangsmaterial PE ergibt sich eine kleinere Streuung, sowie ein tendenzieller Rückgang des Reibwertes, im Vergleich zu PE-UHMW über den gesamten getesteten Bereich. Wird das Material mit WPC (Wood Polymer Composite PP 50%; 50%Holz; 2,5% Haftvermittler), mit einer Füllung aus Holzpartikeln verglichen (Abb. 8), so wird auch hier der Vorteil im Reibwert bei Belastungsintensitäten größer 0,050 W/mm² deutlich.

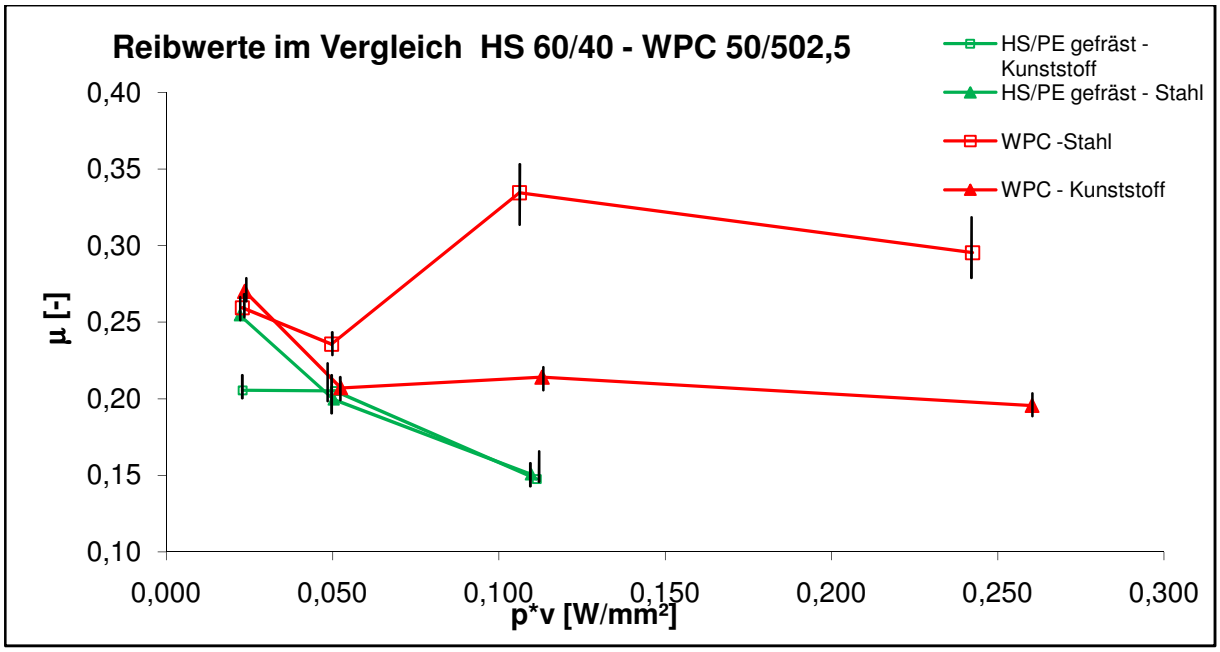


Abb. 8: Reibwerte HS60/40 gefräst im Vergleich mit WPC (Vergleichswerte aus [1], WPC mit 50% PP und Holzanteil und 2,5% Haftvermittler (WPC 50/50 2,5)

5.2 Verschleiß der Ober- und Unterprobe

5.2.1 Oberproben (Kettenwerkstoffe)

Wie bereits erwähnt, hat die Beschränkung der Betrachtungen auf den Reibwert keine große Aussagekraft, da dieser keine direkten Informationen über den Verschleiß der Werkstoffe beinhaltet. Im nächsten Schritt wurden die Oberproben nach Abb. 1 bezüglich ihres Verschleißverhaltens ausgewertet.

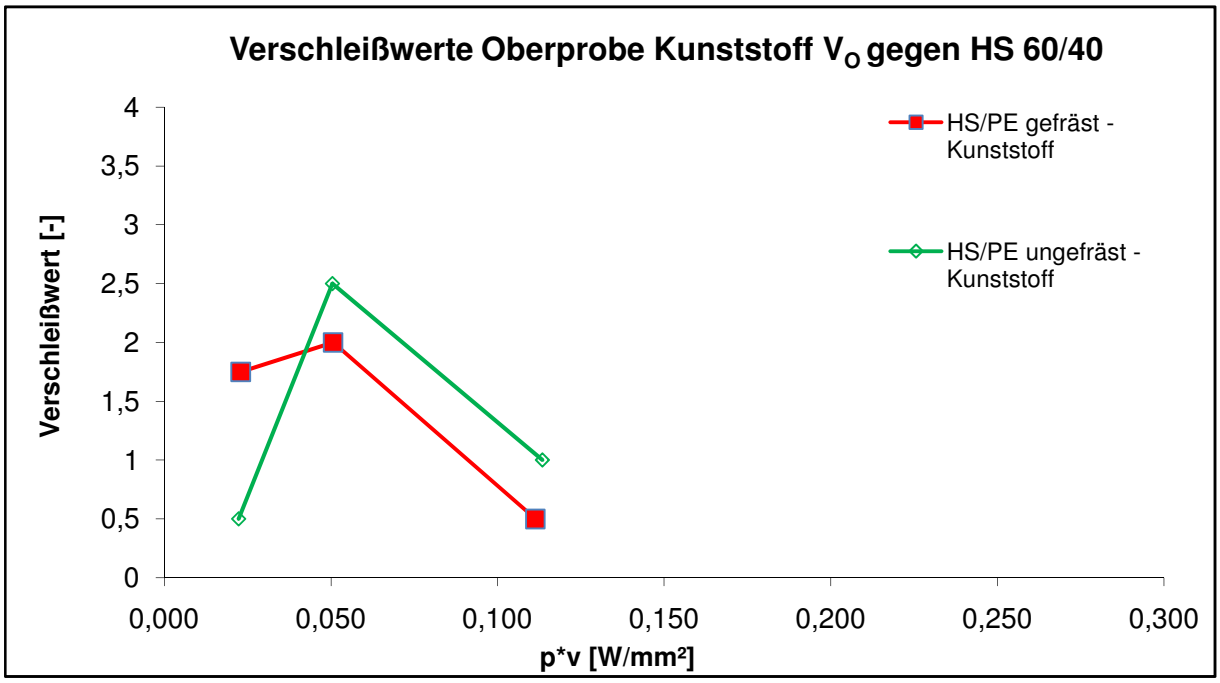


Abb. 9: Verschleißwerte der Oberprobe Kunststoff gegen HS 60/40 gefräst und ungefräst

In der Abb. 9 ist zu erkennen, dass erst ab 0,05 W/mm² Belastungsintensität niedrige Verschleißwerte erreicht werden, allerdings fällt der Einfluss einer gefrästen Oberfläche ab dieser Belastungsintensität nicht so deutlich aus. Auf die Betrachtung der Oberproben aus Stahl wurde verzichtet, da deren Verschleißverhalten als nicht relevant eingestuft wurde (Verschleiß Null).

In Abb. 10 werden die Verschleißwerte der Oberprobe Kunststoff mit verschiedenen Werkstoffen verglichen. Dabei ergibt sich ein ähnliches Bild wie bei den Reibwerten. Der Materialmix mit Haferspelzenanteil besitzt deutliche Vorteile bei Belastungsintensitäten größer 0,1 W/mm² hinsichtlich der Vergleichswerkstoffe. Bei geringeren Belastungsintensitäten verschleißt die Oberprobe aus Kunststoff deutlich mehr gegen das Compound mit Haferspelzenanteil.

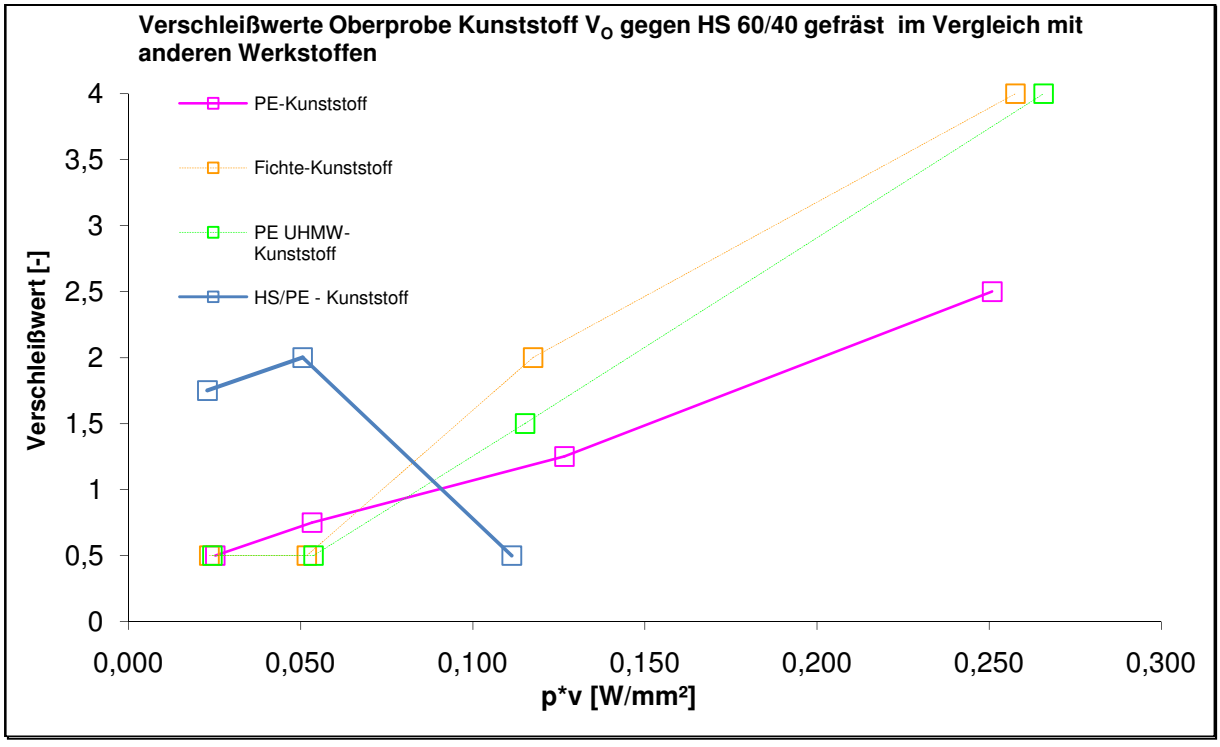


Abb. 10: Verschleißwerte Oberprobe Kunststoff gegen V_O HS 60/40 im Vergleich mit anderen Werkstoffen, Vergleichswerte aus [1]

Ähnlich Ergebnisse zeigen die Versuche mit Proben aus WPC (Wood Polymer Composite; 50%PP/50%Holz/2,5% Haftvermittler) in Abbildung 11. Bei Belastungsintensitäten größer 0,1 W/mm² ist der Verschleiß deutlich geringer als bei WPC.

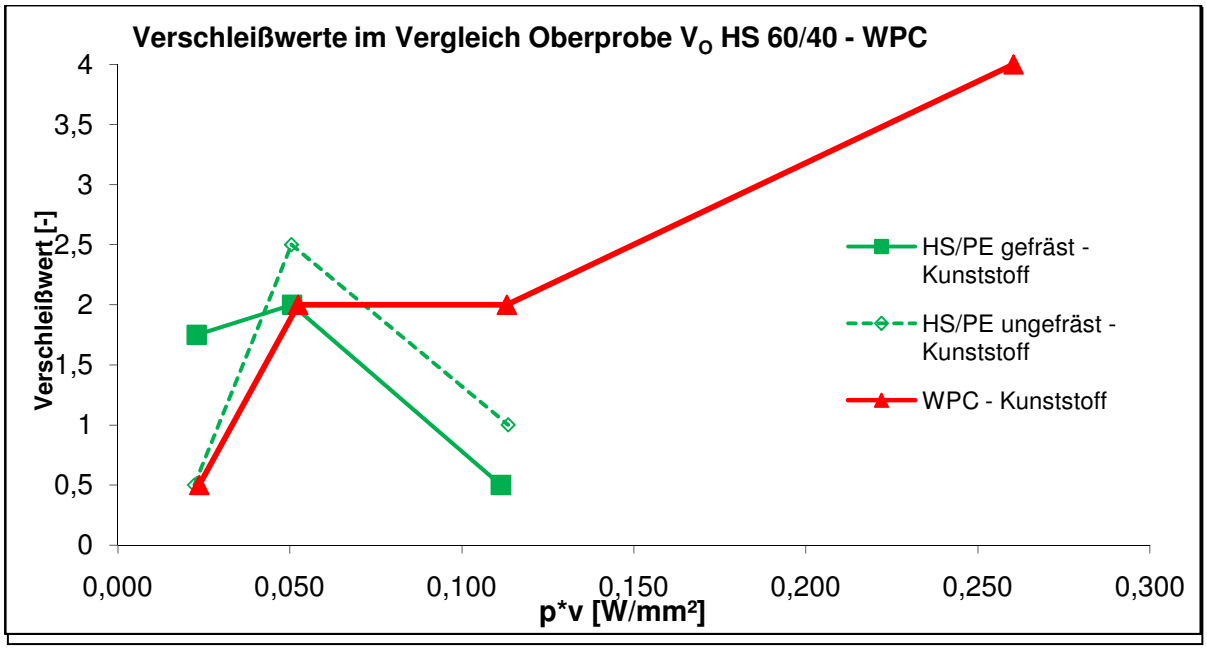


Abb. 11: Vergleich Verschleißwerte der Oberprobe Kunststoff gegenüber HS60/40 gefräst und WPC; (Vergleichswerte aus [1])

Die Verschleißwerte der Oberproben zeigen, dass erst bei steigender Belastungsintensität Vorteile der Haferspelzencompounds vorhanden sind. Auch die Werte gegen die überfrästen Proben sind bei höheren Belastungsintensitäten tendenziell niedriger als bei geringer Belastungsintensitäten.

5.2.2 Unterproben (Führungs- und Stützschienen)

Bei den getesteten Unterproben setzt sich die Tendenz hin zu niedrigerem Verschleiß bei höherer Belastungsintensitäten fort. Dies gilt im Vergleich zu WPC, Holz, UHMW-PE und PE. Die Unterprobe HS40/60 hat gegenüber der Oberprobe Stahl bei niedriger Belastungsintensitäten einen sehr hohen Verschleiß aufzuweisen. Bei höherer Belastungsintensitäten sinken die Werte. (Abb. 12- Abb. 14). Besonders ausgeprägt ist der geringe Verschleiß von HS60/40 gegenüber Kunststoff (Abb. 12).
Aus dem Unterschied in den Ergebnissen zwischen der Holz (WPC) und der Spelzenfüllung lässt sich ein Indiz für die tribologische Aktivität der Haferspelzen ableiten. Untermauert wird die Hypothese durch den Aspekt, dass Haferspelzen in der Lebensmittelindustrie als hitzebeständiges Trennmittel im Backprozess eingesetzt werden.

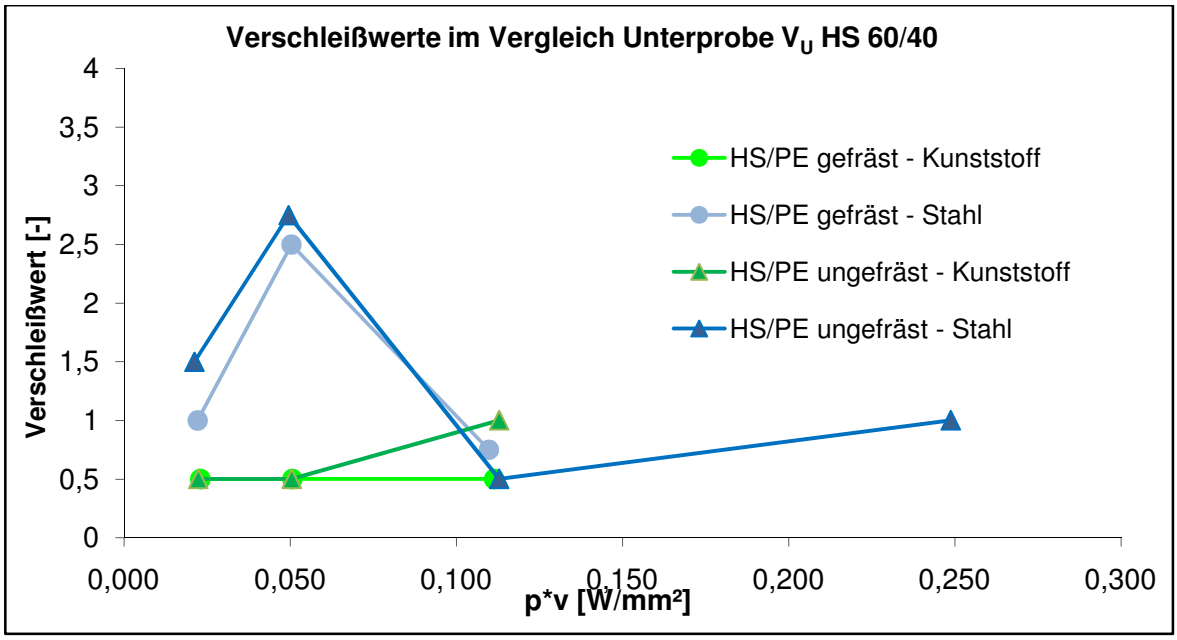


Abb. 12: Verschleißwerte der Unterproben V_U HS 60/40 gefräst und ungefräst

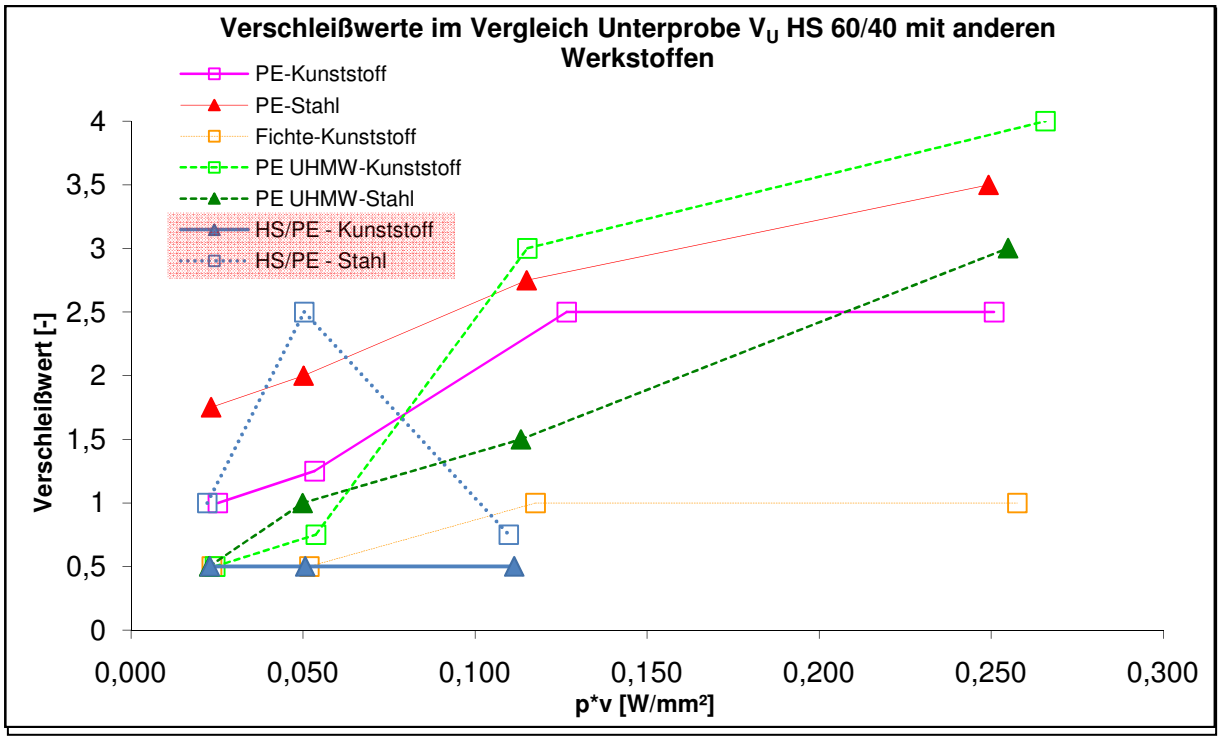


Abb. 13: Verschleißwerte Unterprobe V_U HS 60/40 gefräst im Vergleich mit anderen Werkstoffen; Vergleichswerte aus [1]

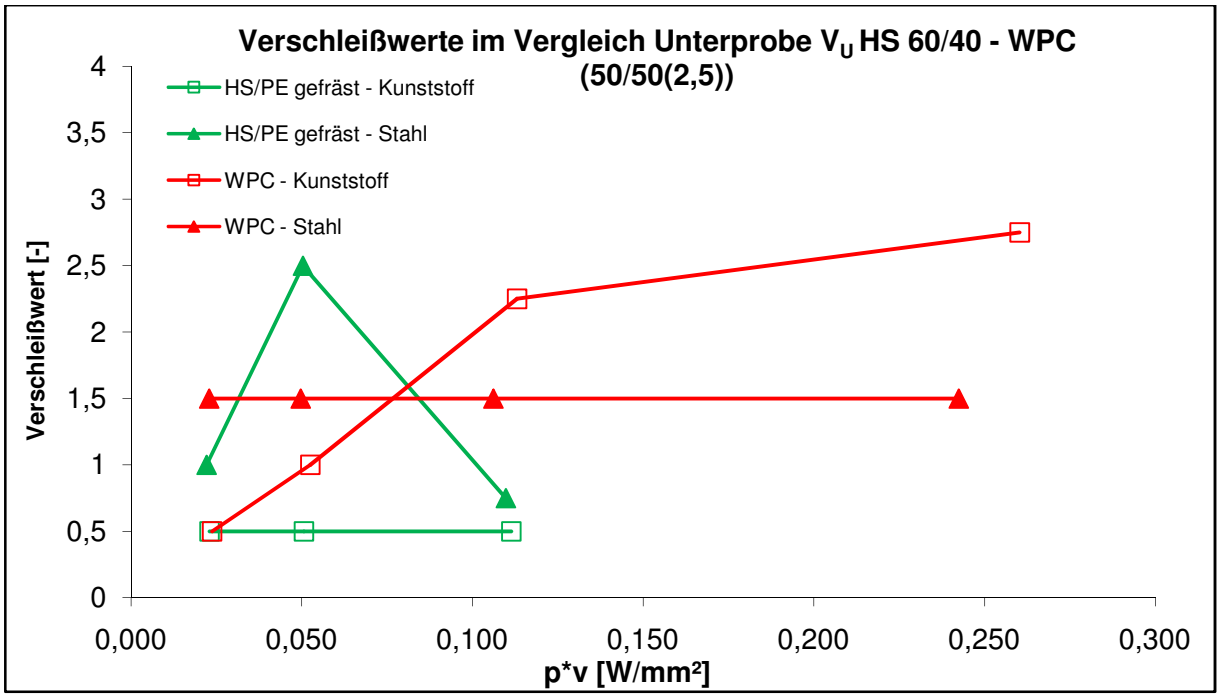


Abb. 14: Vergleich der Verschleißwerte der Unterprobe Vu von HS60/40 gefräst gegenüber WPC, Vergleichswerte aus [1]

In Abbildung 15/16 ist der Verschleiß einer Unterprobe aus HS60/40 nach einem 24-stündigen Versuch dargestellt. Es handelt sich um ein 3D-Bild, welches mit 300-facher Vergrößerung aufgenommen wurde. Dargestellt ist ein Abschnitt einer Unterprobe am Rand des Wirkungsbereichs der Oberprobe.

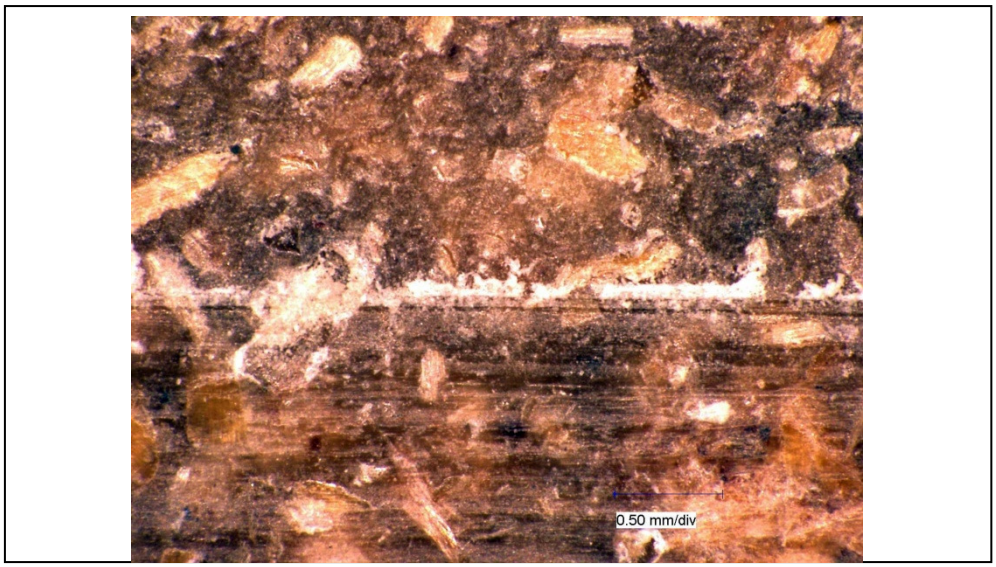


Abb. 15: Abbildung des Verschleißes einer Unterprobe (HS 60/40),Vergrößerung 100 fach

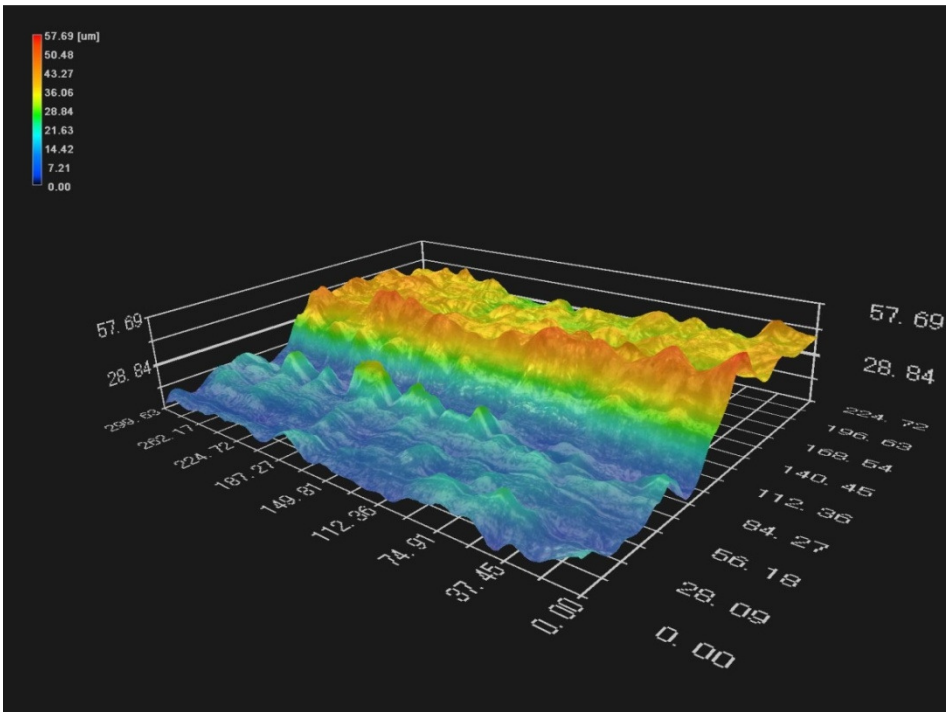


Abb. 16: 3D-Abbildung des Verschleißes einer Unterprobe (Vergr. 300x)

5.3 Tribologiewert T

Die Zusammenfassung des Reibungs- und der Verschleißwerte zu einem Tribologiewert nach [Formel 1] komprimiert die bisher dargestellten Ergebnisse und Aussagen. Die ungefrästen Oberflächen des Compounds aus Haferspelzen und PE sind tendenziell schlechter als die gefrästen, vor allem bei höheren Belastungsintensitäten (Abb. 17).

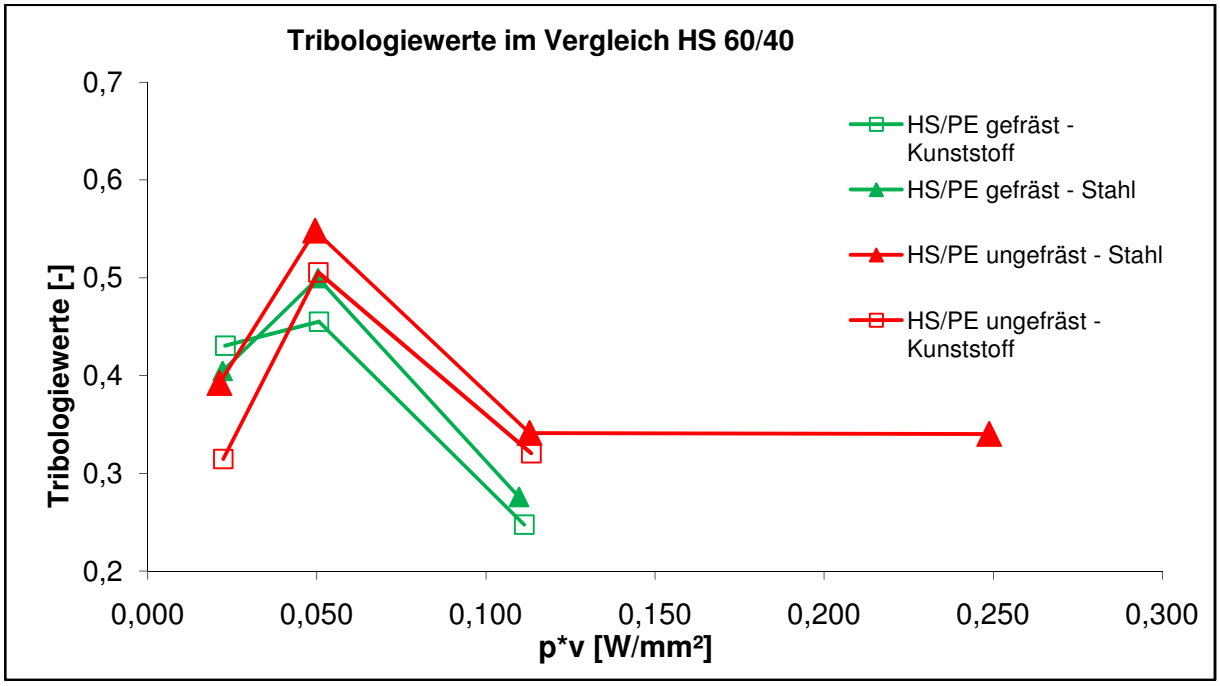


Abb. 17: Vergleich Tribologiewerte von HS 60/40 gefräst und ungefräst

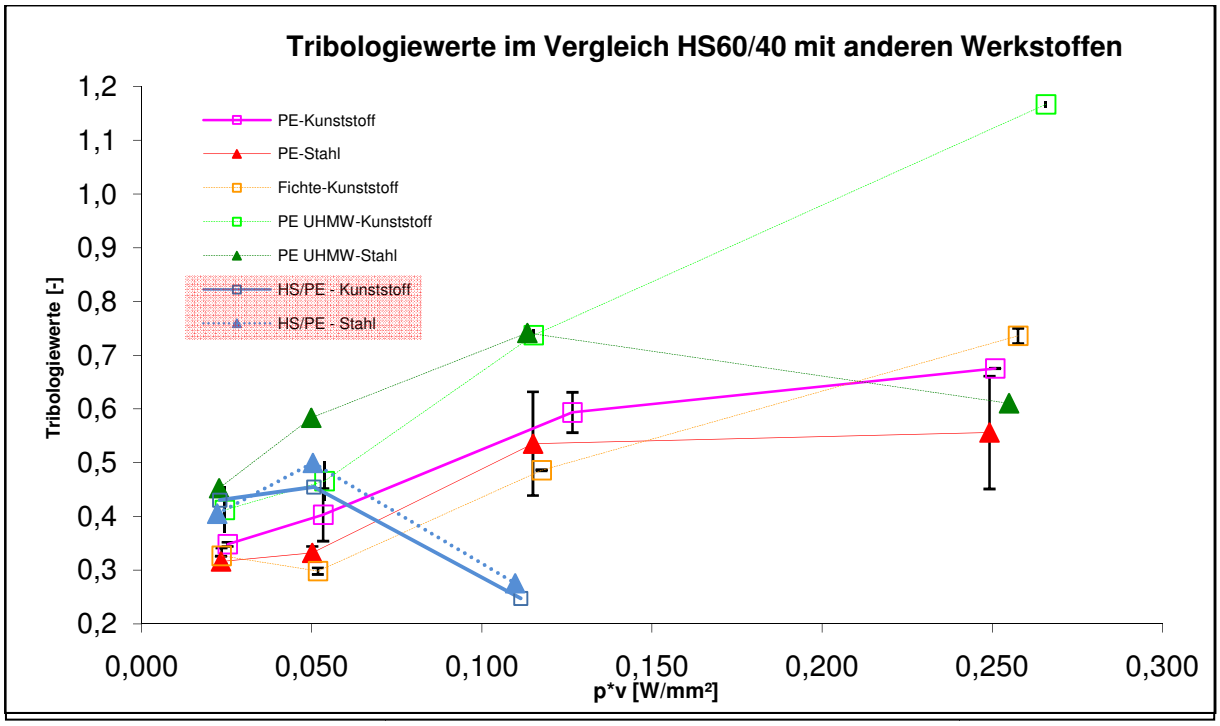


Abb. 18: Vergleich Tribologiewerte von HS 60/40 gefräst mit anderen Werkstoffen; Vergleichswerte aus [1]

Im Vergleich mit anderen Werkstoffen tritt vor allem bei einer Belastung von über 0,75 W/mm² ein deutlicher Vorteil im tribologischen Verhalten auf (Abb. 18). Ebenso im Vergleich mit dem durch Naturstoffe gefüllten Werkstoff WPC (Wood Polymer Komposite 50% PP 50% Holz 2,5% Haftvermittler , Abb. 19).

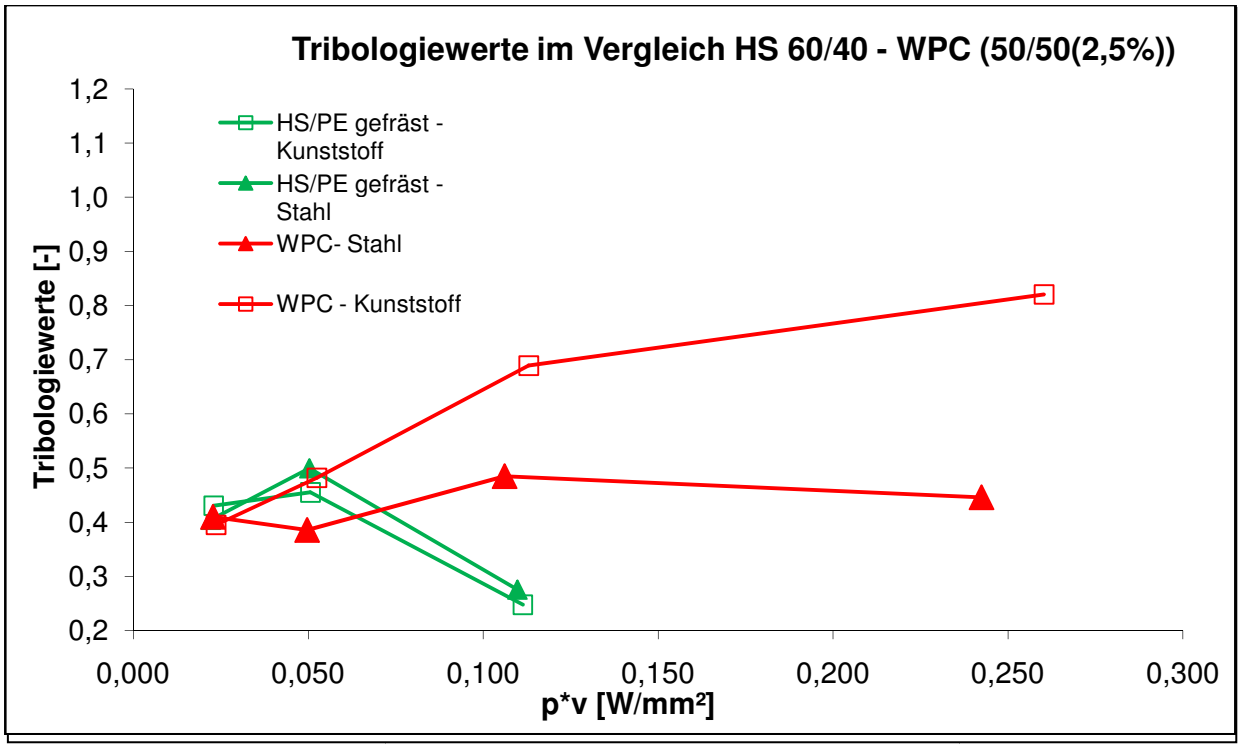


Abb. 19: Vergleich Tribologiewerte von HS 60/40 gefräst mit WPC (Wood Polymer Komposite PP 50% 2,5); Vergleichswerte aus [1]

6 Zusammenfassung

Die Untersuchungen zeigen, dass die mit Haferspelzen gefüllten tribologisch beanspruchten Maschinenelemente vordergründig in Bereichen höherer Belastungsintensitäten (ab ca. 0,1 W/mm²) in Führungs- und Stützelementen eingesetzt werden sollten. Dort sind sowohl die Reibwerte als auch die einzelnen Verschleißwerte der Unter- und Oberproben und damit die Tribologiewerte geringer als die der Vergleichswerkstoffe und der Matrix des Compounds (PE).

Der bei geringerer Belastungsintensität (< 0,1W/mm²) auftretende, vergleichsweise hohe Verschleiß der Reibpaarung in Zusammenwirken mit Oberproben aus Kunststoff (Abb. 10) stellt für eine tribologische Verwendung in der Praxis (Abrieb bei Förderketten) möglicherweise eine Einschränkung dar. Wenn die Elemente einer zu geringen Belastungsintensität ausgesetzt sind steigt deren Verschleiß. Weiterhin ist zu beachten ist, dass Spelzen, die an der Oberfläche (z.B. durch Fräsen, Abrieb) mit Wasser (z.B. durch feuchte Luft oder Kondensat) in Berührung kommen, mit diesem interagieren und quellen. Der Verbund wird dadurch langsam zerstört, die Reibpaarung schneller unbrauchbar. Ein Einsatz in trockener Umgebung ist jedoch problemlos möglich.

7 Literatur

[1] Eichhorn, Sven; Clauß, Brit „Charakterisierende Untersuchungen zum Reibungs- und Verschleißverhalten von WPC (Wood Polymer Composite)“ TECHNOMER 2009

[2] Cramer, Kay; Eichhorn, Sven, Rolle, Thomas, Seidel, Franziska; Frohberg Katharina „Hochbelastbare Führungs- und Stützelemente für Zug- und Tragmittel in der Fördertechnik auf Basis nachwachsender Rohstoffe“ TECHNOMER 2011

8 Danksagung

Die Verfasser bedanken sich bei der Arbeitsgemeinschaft industrieller Forschungsvereinigungen "Otto von Guericke" e.V. (AiF) für die Bereitstellung der für die Untersuchungen notwendigen finanziellen Mittel. Besonderer Dank gilt Prof. Dr.-Ing. Klaus Nendel (TU Chemnitz, Professur Fördertechnik) für die Betreuung und die grundlegende Idee zum Forschungsinhalt.