

Kombination von Produkteentwicklung, Kunststofftechnik und Tribologie für neue Werkstoffkonzepte in fördertechnischen Anwendungen.

Rene Illek, Stefan Kellner, Karsten Faust

Hochschule für angewandte Wissenschaften Würzburg-Schweinfurt, Schweinfurt

Fachbereich Kunststofftechnik, Produktentwicklung und Tribologie (Fakultät Maschinenbau)

In der vorliegenden Veröffentlichung werden die Kernkompetenzen, das Leitbild und die Forschungsschwerpunkte der Professur Produktentwicklung, Kunststofftechnik und Tribologie der FHWS (Fakultät Maschinenbau) dargestellt und erläutert. Im Detail werden die Arbeitsschwerpunkte zu Untersuchungen und Analysen von inkorporierten Schmierstoffen und deren Wirkmechanismen im Trockenlauf dargestellt. Aktuelle wissenschaftliche Arbeiten befassen sich mit der Verschleißquantifizierung von Kunststoff-Kunststoff-Gleitpaarungen in tribologischen Systemen im Bereich der Fördertechnik.

Kategorie und Themenbeschreibung: Electromobility and Energy Engineering

Zusätzliche Schlüsselwörter: Produktentwicklung, Kunststofftechnik, Polymere, Tribologie, Fördertechnik, Verschleiß

1 EINLEITUNG

Das **Leitbild** der Professur Produktentwicklung, Kunststofftechnik und Tribologie der Hochschule Würzburg-Schweinfurt (FHWS), Fakultät Maschinenbau, ist die "Grundlagenforschung und angewandte Forschung an Polymeren in tribologischen Systemen". Der Fachbereich befasst sich mit der Materialentwicklung von neuen faserverstärkten und/oder gleitmodifizierten polymeren Werkstoffen und deren tribologischen und morphologischen Analyse. Zur **Aufgabe** setzt sich die Professur die anwendungsorientierte Produktentwicklung von Kunststoffen insbesondere die Forschung über Struktur und Eigenschaften der Kunststoffe, der Entwicklung neuer innovativer Kunststofflösungen unter dem Aspekt der Leistungssteigerung, Energieeffizienz und Ressourcenschonung sowie darüber hinaus die interdisziplinäre Verknüpfung der inhaltlichen Themenschwerpunkte Kunststoffe, Produktentwicklung und Tribologie zur ganzheitlichen Lösungsfindung wissenschaftlicher und anwendungsorientierter technischer Probleme. Gerade die Entwicklung und Erforschung von polymeren Werkstoffen, welche einen schmierungsfreien Betrieb (Trockenlauf) und damit deutlich die Energieeffizienz von Anlagen/Bauteilen erhöhen und einen Beitrag zur Ressourcenschonung und Nachhaltigkeit generieren, sind weitere wichtige Forschungsaktivitäten.

Autoren: Dipl.-Ing.(FH) R. Illek, S. Kellner, Prof. Dr.-Ing. K. Faust

Fachhochschule Würzburg-Schweinfurt

Fakultät Maschinenbau

Ignaz-Schön-Straße 11

97421 Schweinfurt

rene.illek@fhws.de, karsten.faust@fhws.de

Website: www.fhws.de

Die Erlaubnis zur Kopie in digitaler Form oder Papierform eines Teils oder aller dieser Arbeit für persönlichen oder pädagogischen Gebrauch wird ohne Gebühr zur Verfügung gestellt. Voraussetzung ist, dass die Kopien nicht zum Profit oder kommerziellen Vorteil gemacht werden und diese Mitteilung auf der ersten Seite oder dem Einstiegsbild als vollständiges Zitat erscheint. Copyrights für Komponenten dieser Arbeit durch Andere als FHWS müssen beachtet werden. Die Wiederverwendung unter Namensnennung ist gestattet. Es andererseits zu kopieren, zu veröffentlichen, auf anderen Servern zu verteilen oder eine Komponente dieser Arbeit in anderen Werken zu verwenden, bedarf der vorherigen ausdrücklichen Erlaubnis.

Zur Sicherstellung der erfolgreichen Umsetzung der Ziele ergeben sich die folgenden Arbeitsschwerpunkte/Kernkompetenzen an der Professur Produktentwicklung, Kunststofftechnik und Tribologie der Hochschule Würzburg-Schweinfurt, Fakultät Maschinenbau.

- Analyse der Strukturen und Eigenschaften von Kunststoffen
- Ganzheitliche Systemanalyse (Polymer) unter dem Aspekt Additive und deren Auswirkungen auf Reibung und Verschleiß sowie mechanische Eigenschaften
- Analyse der Wirkmechanismen von Additiven in polymeren Matrices, z.B. 2-Phasen-Schmierstoffsysteme, Mehrkomponentensysteme
- Entwicklung neuer, innovativer Kunststoffprodukte zur Reduzierung von Reibungskoeffizienten, Reibkontakttemperaturen und Verschleiß
- Erarbeitung neuer Prüfmethode zur Verschleißmessung
- Faserverstärkte Kunststoffe in tribologischen Anwendungen
 - Ermittlung von Versagenskennkurven
 - Erarbeitung neuer Prüfmethode- und normen
- Systemanalysen zur Modellberechnungen zur Übertragbarkeit vom Laborprüfkörper auf Endanwendungen

2 TROCKENLAUF VON KUNSTSTOFF-SCHARNIERBANDKETTEN

Im speziellen befasst sich der Fachbereich, innerhalb eines von der bayerischen Forschungstiftung geförderten Forschungsprojektes, mit Untersuchungen und Analysen von inkorporierten Schmierstoffen und deren Wirkmechanismen im Trockenlauf. Die nachfolgende Abbildung 1 gibt hierzu einen Überblick über die Schmierung von Polymeren. Zur Reduzierung von Reibungskoeffizienten werden Kunststoffen Gleitadditive hinzugesetzt. Diese Additive lassen sich in Feststoffe, wie beispielsweise Polytetrafluorethylen (PTFE) oder Molybdändisulfid (MoS₂), und flüssige Stoffe, wie beispielsweise Silikonöl, einteilen. Bisher liegen keine detaillierten und spezifischen Untersuchungen der Wirkmechanismen von inkorporierten Schmierstoffsystemen, wie sie in der Fördertechnik Anwendung finden, vor. In tribologisch modifizierten Polymeren werden oftmals gleichzeitig feste und flüssige Schmierstoffe eingesetzt, was nach [Fau10] auch unter dem Begriff des 2-Phasen-Schmierstoffsystems bekannt ist, da die Gleitadditive sowohl als feste als auch flüssige Phasen im Trägerpolymer vorliegen. Um die tribologischen Vorgänge bei Tribotechnischen Systemen (TTS) in der Fördertechnik besser verstehen und erklären zu können müssen die Wirkmechanismen der inkorporierten Schmierstoffsysteme eingehend betrachtet werden.



Abbildung 1: Schmierungsvarianten von Polymerwerkstoffen

Die Frage- und damit Problemstellung bei der Verwendung von Faserverbund- Kunststoffen ergibt sich durch den faserbedingten Verschleiß gerade bei der beschriebenen Eigenpaarung. Auch durch hohe systemische Beanspruchungen können Faserenden an der Oberfläche freigesetzt und/oder aus dem Faserverbund herausgerissen werden und somit den Verschleißvorgang und damit das Bauteilversagen deutlich beschleunigen. Diesbezüglich sind vertiefende Untersuchungen hinsichtlich geeigneter inkorporierter Schmierstoffsysteme durchzuführen, um damit letztlich geeignete Polymerwerkstoffe für die Fördertechnik zur Verfügung stellen zu können. Einen Lösungsansatzpunkt auf Basis eines 2-Phasen-Schmierstoffsystems zeigt die folgende Abbildung 2.

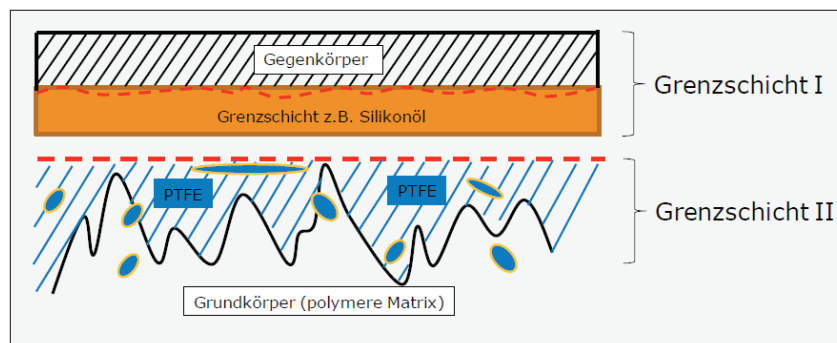


Abbildung 2: Schematische Darstellung eines 2-Phasen-Schmierstoffsystems

Dieses System basiert auf der Erkennung der Grundproblematik, welche sich aus dem bereits beschriebenen praktischen Erfahrungen, bei der Verwendung eines Polyacetals unter Eigenpaarung oder bei Glasfaser in tribologischen Systemen, ergibt. Eine Lösung kann nur in der Zusammenführung der beiden Einzelthematiken zu einer neuen Additivklasse münden. Diese „intelligenten“ neue Schmierstoffsysteme sollen nun vereinfacht kurz beschrieben werden.

Die entwickelten „2-Phasen-Schmierstoffsysteme“ basieren auf einem Feststoffschmierstoff und einen Flüssigschmierstoff auf Basis einer inkorporierten Schmierung (das Additiv ist in der polymeren Matrix eingebettet). Der Feststoffschmierstoff (z.B. Polytetrafluorethylen; PTFE) hat dabei die Aufgabe, sich bei Freisetzung in die sich ergebenden und natürlich vorhanden „Oberflächen-Rauhigkeitstäler“ des Polymers zu setzen (einzubetten) und damit die Polymeroberfläche zu „glätten“. Dies führt zu einer Verringerung der deformativen Reibungsanteile, die z. B. durch Verhaken der Rauheitsspitzen untereinander hervorgerufen werden. Durch die Verringerung der Flächenpressung ($p = F/A$ in N/mm^2) wird zudem die Kontaktflächenbelastung reduziert und dadurch der Verschleiß gemindert. Das Ausfüllen der „Rauheitstäler“ mit einem unpolaren Festschmierstoff wie z. B. PTFE bewirkt zudem eine signifikante Herabsetzung der Oberflächenenergie hochpolarer Kettenwerkstoffe (z. B. Polyacetal). Infolgedessen reduziert sich auch der adhäsive Reibungsanteil der Gleitpaarung.

Prinzipiell gilt es noch anzumerken, dass sich durch die Verwendung von Glasfaser innerhalb einer polymeren Matrix die Härte des Kunststoffes erhöht. Glasfasern verringern zwar in einem ersten Ansatz nicht die Reibungskoeffizienten, sondern können diese systemisch sogar erhöhen, jedoch kann dadurch die Verschleißfestigkeit erhöht werden, solange die Füllstoffe (Glasfaser) durch eine Polymerschicht und diese wiederum durch einen Schmierfilm (Silikonöl) getrennt sind, sodass beide Additive sich für das Schmierstoffsystem bzw. Gleitpaarung ergänzend verhalten. Auch sollten durch den Festkörperschmierstoff sich bereits verschleißbedingte an der Oberfläche befindliche Faserenden hierdurch erneut einbetten lassen, da sich z.B. durch das PTFE diese Oberflächendifferenzen - zum Matrixwerkstoff ausgleichen (siehe Abbildung 2).

Der Flüssigschmierstoff, z.B. Silikonöl bildet aufgrund von Kapillarwirkungen einen Schmierfilm aus. Es gilt zwar zu beachten, dass die Oberfläche im ersten Schritt keinen oder nur einen geringen Schmierfilm aufweist und erst durch Initialverschleiß beim Einlaufen der Gleitpaarung aktiv wird, d.h. dass der gemessene Initialverschleiß in der Einlaufphase größer ist als später im Betrieb. Nichtsdestotrotz gelingt es mit dem sukzessiven Aufbau einer Gleitschicht - unter der Berücksichtigung der Tatsache, dass es zu Additivschwankungen hinsichtlich des Schmierstoffgehalts in der Gleitfläche kommen kann und damit zu einer Trennung der Kontaktflächen, die Reibungskoeffizienten zu senken.

Diese theoretischen Ansätze und die auf dieser Basis neu entwickelten 2-Phasen-Schmierstoffsysteme werden zu einer deutlichen Leistungssteigerung für polymere Fördergleitketten beitragen, sowie für weitreichende neue wissenschaftliche Erkenntnisse sorgen. Mit neuen tribologisch optimierten Compounds für Trockenlaufanwendungen können die meist synthetischen Schmierstoffe eingespart werden, was gleichermaßen einen Fortschritt in Sachen Umweltschutz und Ressourcenschonung wie auch einen wirtschaftlichen Vorteil für den Endanwender durch Einsparung von Verbrauchsmaterial darstellt.

Innerhalb der Arbeitsgruppe (Produktentwicklung, Kunststofftechnik und Tribologie) werden die polymeren Mehrkomponentensysteme (Mehrstoffsysteme) für Maschinenelemente in fördertechnischen Anwendungen getestet und analysiert. Aufgrund der Vielfältigkeit der Polymerwerkstoffe und der spezifischen Anpassbarkeit auf die jeweilige Anwendung gewinnt der Einsatz von technischen Kunststoffen im Bereich der Logistik (Förderung und Lagerung) zunehmend an Bedeutung. Gerade Eigenschaften wie die geringe Dichte, die Möglichkeit zum ungeschmierten Betrieb (Trockenlauf) und eine kostengünstige Serienfertigung unterstützen die vielfältigen Einsatzmöglichkeiten. Spezifische Werkstoffentwicklungen führen hierbei zu leistungsfähigeren und energieeffizienteren Förderanlagen. Eine Verbesserung der tribologischen Eigenschaften führt zu einer erhöhten Ressourceneffizienz durch höhere Standzeiten und Lebensdauer der Maschinenelemente, wie beispielsweise bei Zahnriemenförderern die der Zahnräder und Stützschiene oder bei Kettenförderern die der Kettenräder, Gleitschiene oder Gleitkettenbauteile (Zugelemente, Tragplatten, Pins usw.). Des Weiteren verringert sich der Bedarf an Antriebsenergie aufgrund der geringeren erforderlichen Antriebskräfte und es können somit beispielsweise bei Gleitkettenförderern längere Förderstrecken mit weniger Antriebsmotoren und Steuerungstechnik realisiert werden. Auch der Stückguttransport wird

sicherer aufgrund des geringeren Stick-Slip-Verhaltens, was ebenfalls zu einer Verminderung der Materialermüdung und des Schalldruckpegels im Betrieb einer Förderanlage führt.

Die bereits erwähnten Forschungsansätze, auf Basis von Mehrkomponentensystemen (Mehrstoffsystemen) für neue polymere Werkstoffkonzepte für hochbelastete, fördertechnische Anwendungen, lassen sich in die drei nachfolgenden Hauptkategorien nach ihren Wirkmechanismen einteilen.

- Faser-Partikel-Wirksystem (FPWS) → Hybridfaserpartikelmodifizierung
(Beispiel: Aramidfasern, PTFE-Mikropulver)
- Partikel-Partikel-Wirksystem (PPWS) → Hybridpartikelmodifizierung
(Beispiel: Aramidpulver, PTFE-Mikropulver)
- Faser-Faser-Wirksystem (FFWS) → Hybridfaserverstärkung(-modifizierung)
(Beispiel: Aramidfasern, Kohlefasern)

Diese Wirksysteme werden innerhalb der wissenschaftlichen Forschungsarbeiten genau betrachtet und analysiert. Die Basis bilden hier die bisher generierten Ergebnisse aus vergangenen Forschungsarbeiten am Institut für Fördertechnik und Kunststoffe (ifk), der Technischen Universität Chemnitz. Hier wurden zahlreiche Untersuchungen an kurz- und langglasfaserverstärkten und/oder gleitmodifizierten Polymerwerkstoffen durchgeführt. Hier sei verwiesen auf die wissenschaftlichen Arbeiten von Prof. Dr.-Ing. Faust [Fau10] und Dr.-Ing. Mitschke [Mit08]. Des Weiteren werden, wie bereits dargestellt, in einem derzeitigen Forschungsprojekt zur Thematik „Trockenlauf von Kunststoffscharnierbandketten“, in Zusammenarbeit und Kooperation zwischen der TU Chemnitz (ifk), der FHWS und Industriepartnern, weitere umfangreiche mechanische, tribologische und morphologische Untersuchungen zu glasfaserverstärktem und/oder gleitmodifiziertem (PTFE und/oder Silikonöl) Polyoxymethylen (POM) durchgeführt.

Innerhalb dieser wissenschaftlichen Arbeiten wurde unter anderem nachgewiesen, dass sich in der umgebenden polymeren Matrix bei Beanspruchung leichte Risse bilden können und dass es beim Zusammenlaufen dieser Risse zu einem Herausbrechen der Kunststoffmatrix kommen kann, so dass Fasern aus der Oberfläche hervorstehen und einen Reibungs- und Verschleißanstieg verursachen. Darauf basierend kann sich ebenso der sogenannte Pull-Out-Effekt einstellen, d.h. dass es zu einem Faserauszug kommt und Fasern bei einer angreifenden Kraft (Zugkraft) aus der Trägermatrix (Polymer) herausgerissen werden. Es kommt somit zu „Fehlstellen“ und im ungünstigsten Fall zu einem beschleunigten Bauteilversagen. In der nachfolgenden Abbildung 4 ist, mit einer 11.000-fachen Vergrößerung (rechts), sehr deutlich der beschriebene Faserauszug - durch deutlich erkennbare Fehlstellen (linke Abbildung) - zu erkennen. Der Verschleiß wird hierdurch deutlich beschleunigt und steigt mit zunehmendem Glasfasergehalt des Werkstoffes an. Auch die Reibungskoeffizienten und die Reibkontakttemperatur erhöhen sich durch die Glasfasern im Reibkontakt. Das bedeutet in der Praxis, dass z.B. die Gleitleiste innerhalb eines Fördersystems unmittelbar Faserenden aus der Tragplatte der Gleitkette ausgesetzt sein kann und somit einem starken, abrasiven Verschleiß unterlegen ist.

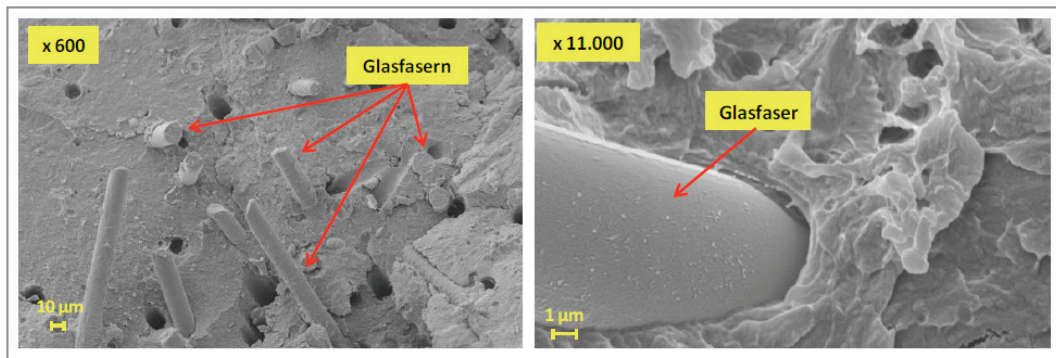


Abbildung 3: Faserbruch und Faserauszug (Pull-out) - REM Aufnahme [Fau10]

Die Glasfasern haben im Gleitkontakt ein sehr abrasives Verschleißbild und bewirken somit eine deutliche Verschleißerhöhung. Dies spiegelt sich auch meist in einer Erhöhung des Reibungskoeffizienten und der Reibkontakttemperatur wieder. Gerade die sogenannte Eigenpaarung, wie sie beispielsweise in Förderketten vorkommt, stellt bei den bisher untersuchten faserverstärkten Polymeren eine äußerst kritische Materialpaarung dar, welche den Verschleißvorgang und das daraus resultierende Bauteilversagen entscheidend beschleunigen. Es sind demnach Werkstoffkonzepte erforderlich die keine abrasive Verschleißwirkung aufweisen und vorteilhaft in der Eigenpaarung wirken. Für die untersuchten glasfaserverstärkten Polymere war stets eine Kompromisslösung zwischen den tribologischen und den mechanischen Eigenschaften erforderlich. Durch den Einsatz von Aramidfasern oder ggf. einer Hybridfaserverstärkung (Aramidfasern und Kohlefasern) könnte beides gleichermaßen verbessert werden, da Aramidfasern deutlich bessere tribologische Eigenschaften aufweisen als Glasfasern. Dies ist Gegenstand von zukünftigen Forschungsaktivitäten der Arbeitsgruppe.

3 VERSCHLEIßQUANTIFIZIERUNG VON KUNSTSTOFF/KUNSTSTOFF PAARUNGEN

Innerhalb der Fördertechnik gewinnen die Untersuchung von tribologischen Vorgängen und die dazugehörige messtechnische Auswertung, die Tribometrie zunehmend an Bedeutung. Kontinuierlich steigende Energiekosten sowie der Wunsch einer Reduzierung von Wartungs- und Instandhaltungskosten erfordern nicht nur die stetige Generierung reibungs- und verschleißoptimierter Werkstoffe, sondern auch eine anerkannte, einheitliche Messmethodik zur Quantifizierung des Verschleißes. Eine dazugehörige, wissenschaftliche Sondierung der wesentlichen Einflussfaktoren auf das Verschleißverhalten der Elemente innerhalb eines tribologischen Systems birgt ein hohes Verbesserungspotential sowohl bei der konstruktiven Auslegung, als auch zur Überwachung des Betriebsverhaltens und dem damit verbundenen frühzeitigen Erkennen von Maschinen- und Geräteausfällen. Insbesondere die im Einlauf- und Versagensbereich einer Gleitpaarung ermittelten Erkenntnisse könnten zum präzisieren der Lebensdauer und der Eignungsuntersuchung von Werkstoffpaarungen herangezogen werden. Aus diesem Grund befasst sich eine aktuelle Abschlussarbeit mit der Recherche und Bewertung von Messsystemen, welche es ermöglichen, bereits nach 24 Stunden Versuchslaufzeit die physikalische Verschleißkenngrößen, wie beispielsweise den Gewichtsverlust oder das Verschleißvolumen, reproduzierbar zu erfassen.

Da Reibung und Verschleiß systemabhängige Größen darstellen, ist eine möglichst realitätsnahe Abbildung des in der Praxis auftretenden tribologischen Systems im Modellversuch für eine Relation der Ergebnisse unabdingbar. Die zu untersuchenden Prüfkörper werden dementsprechend auf einem explizit für das Belastungskollektiv der Fördertechnik ausgelegten tribologischen Prüfstand (Tribospeedster 2.0) beansprucht. Das Ziel, die Verschleißerscheinungsformen gleichnishaft auf den Prüfkörpern abzubilden, erfordert eine exakte Auswahl der Strukturelemente (Grundkörper, Gegenkörper, Zwischenstoff und Umgebungsmedium). Das Reibungs- und Verschleißverhalten der Polymere wird neben den Stoff- und Formeigenschaften auch von den Wechselwirkungen der Systemelemente untereinander bestimmt. Aus diesem Grund wurden zu Beginn der wissenschaftlichen Arbeit eine strukturierte Recherche der in Förderketten, Gleitschienen und Kettenrädern eingesetzten Polymere und deren Handelsnamen durchgeführt. Es wurden die einzelnen Stationen der Herstellung, Verarbeitung und Vertrieb vom Rohpolymer über das Halbzeug bis zum Fertigteil für den Endabnehmer analysiert. Darüber hinaus wurde der prozentuale Anteil der einzelnen Polymere in Kunststoffketten sowie gesondert derer im Typus Mattenketten ermittelt. Innerhalb von Kunststoffketten wird von einer Mehrheit der Hersteller überwiegend der Werkstoff Polyoxymethylen (POM), mit einem Anteil von ca. 80%, eingesetzt. Bei einzelnen Herstellern wird sowohl POM als auch Polypropylen (PP), mit jeweils ca. 40%, als Kettenwerkstoff herangezogen. Im Bereich Mattenketten liegen die einzelnen Einsatzsegmente für POM bei ca. 50% und für PP bei ca. 30%. Bei einzelnen PP-Typen wurden die mechanischen, thermischen und verarbeitungsbezogenen Eigenschaften hinsichtlich des Anforderungsprofils innerhalb fördertechnischer Anwendungen bewertet und eine Auswahl geeigneter Polymere getroffen. Innerhalb der Recherche wurden Anfragen bei ausgewählten Kunststoff- und Kettenherstellern durchgeführt. Des Weiteren wurde spezifische Literatur der Hersteller herangezogen.

Ein System zur Erfassung des Verschleißes von Grund- und Gegenkörper, mittels quantifizierbarer Verschleißkenngrößen, ist für wissenschaftliche Analysen von tribologischen Systemen, auf dem Gebiet der Fördertechnik, aktuell nicht verfügbar. Für die Eignungsuntersuchung verschiedener Polymere in Gleitpaarungen wurde das Kriterium Tribokennwert an der TU Chemnitz entwickelt. Die Strukturelemente werden mittels Sichtprüfung in Kategorien unterschiedlicher Intensität der Verschleißerscheinung aufgeteilt. Die Kennzahlen der jeweiligen Kategorie dienen im Anschluss daran zur mathematischen Erweiterung des auf dem Prüfstand gemessenen Reibwertes. Diese Einteilung kann jedoch nicht als Ersatz für eine physikalische Messung herangezogen werden. Eine Reproduzierbarkeit, im Bereich der geforderten Messgenauigkeit, ist aufgrund der Subjektivität der visuellen Charakterisierung und Einteilung nicht gegeben. Das Thema der aktuellen Abschlussarbeit leitete sich aus diesen Begründungen ab. Zur Ermittlung geeigneter Messsysteme wurde im ersten Schritt eine Anforderungsliste ([Con10], [Pah97]) der physikalisch-technischen, wirtschaftlichen und bedienungsrelevanten Einflussparameter, ausgehend von Anforderungskatalogen [Con10] aufgestellt. Innerhalb der Anforderungsliste wird zudem zwischen einem Offline- und Online-Messsystem unterschieden, welches im Idealfall eine konstante Messung der Verschleißkenngröße während der Belastung auf dem Prüfstand ermöglicht. Der Erfüllungsgrad der Anforderungspunkte wurde zur späteren Beurteilung der einzelnen Lösungsvarianten in Mindest-, Soll- und Idealanforderung unterteilt. Die Aufgabenstellung wurde im Anschluss daran mithilfe einer Black-Box Darstellung auf eine abstrakte Form reduziert, um sowohl das Kernproblem darzustellen, als auch die Hauptfunktion, Störgrößen und die vorhandenen Eingangs- und Ausgangsgrößen zu verdeutlichen. In einem weiteren Schritt wurde die Gesamtfunktion des Systems in Teilfunktionen getrennt und durch allgemein anwendbare Funktionen dargestellt ([Pah97], [VDI2222]). Diese Funktionsstruktur dient als Grundlage zum lokalisieren eines breiten Spektrums von potentiellen Lösungsprinzipien. Bei der Suche nach Lösungsmöglichkeiten wurde neben der Literaturrecherche auch Kreativitätstechniken, wie das Brainstorming und Mindmapping [Oph05] eingesetzt. Besonderes Augenmerk wurde darauf gelegt, die Brücke zu anderen Teildisziplinen des Maschinenbaus zu schlagen, um sich eventuell fachübergreifend Synergien zu Nutze zu machen. Ein Teilergebnis dieser Recherche ist in Form eines Mindmap, in Abbildung 4, dargestellt.

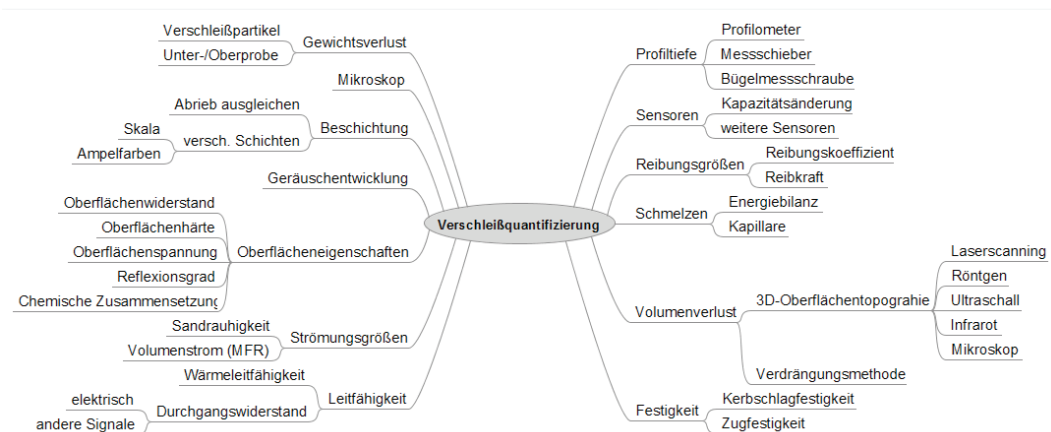


Abbildung 4: Brainstorming Verschleißquantifizierung

Das Ziel dieser wissenschaftlichen Arbeit ist die Ermittlung und Validierung einer anwendungsorientierten Methode zur Quantifizierung von Verschleiß. Dies erfordert zunächst eine gründliche Betrachtung des tribologischen Systems und der in Wechselwirkung stehenden Systemelemente. Da bereits schwach ausgeprägte Verschleißerscheinungsformen messtechnisch erfasst werden sollen, sind eine sorgfältige Planung und Dokumentation des Versuchsablaufes, der Handhabung der Prüfkörper und die Betrachtung aller möglichen Einflussparameter zwingend erforderlich. Der Nachweis der Funktionalität eines solchen Verfahrens würde bei Übertragung auf industrielle Anwendungen ein erhebliches Einsparpotential von Ressourcen und eine Erhöhung der Betriebssicherheit ermöglichen.

Auf Basis der entworfenen Anforderungsliste und Funktionsstruktur wird im Weiteren nach potentiellen Lösungsmöglichkeiten recherchiert. Eine anschließende Gegenüberstellung und erste Bewertungen der Messsysteme sind für eine Vorauswahl, innerhalb des gesamten Filterprozesses, erforderlich. Nach diesem ersten Auswahlverfahren, anhand fester Anforderungen, werden innerhalb der prinzipiell umsetzbaren Messsysteme die geeigneten technischen Verfahren ermittelt. Diese werden dann in einem abschließenden Beurteilungssystem (Bewertungsmatrix) anhand signifikanter Merkmale, wie beispielsweise der Messgenauigkeit oder der Messdauer, mit einer festgelegten Gewichtung beurteilt. Die Verfahren mit dem besten Ergebnis werden darauf folgend im praktischen Einsatz auf ihre Eignung untersucht und einander gegenübergestellt, um einen wissenschaftlichen Beleg für deren valide und reproduzierbare Verschleißquantifizierung zu generieren oder gegebenenfalls zu widerlegen. Eine detaillierte Ausführung der wissenschaftlichen Ergebnisse wird in einer weiteren Veröffentlichung folgen.

4 ZUSAMMENFASSUNG

Die Kernkompetenzen und die Forschungsschwerpunkte der Professur Produktentwicklung, Kunststofftechnik und Tribologie der FHWS (Fakultät Maschinenbau) wurden dargestellt und erläutert. Die Arbeits- und Forschungsschwerpunkte zu Untersuchungen und Analysen von inkorporierten Schmierstoffen und deren Wirkmechanismen im Trockenlauf wurden dargestellt und präzisiert. Eine aktuelle wissenschaftliche Arbeit, welche sich mit der Verschleißquantifizierung von Kunststoff-Kunststoff-Gleitpaarungen in tribologischen Systemen befasst, wurde in Auszügen aufgeführt und erläutert.

REFERENZEN

- [FAU10] FAUST KARSTEN: NEUE POLYMERE WERKSTOFFKONZEPTE FÜR FÖRDERGLEITKETTEN UND SYSTEMANALYSE DER KORRELATION VON REIBUNGSKOEFFIZIENTEN: DISSERTATION, TU CHEMNITZ, 2010.
- [MIT08] MITZSCHKE FRANK: EIGENSCHAFTSPROFILE NEUARTIGER FASERVERSTÄRKTER KUNSTSTOFFGLEITKETTEN FÜR DEN STÜCKGUTTRANSPORT. DISSERTATION, TU CHEMNITZ, 2008.
- [CON10] KLAUS-JÖRG CONRAD: GRUNDLAGEN DER KONSTRUKTIONSLEHRE – METHODEN UND BEISPIELE FÜR DEN MASCHINENBAU. 5. AUFL. MÜNCHEN: HANSER VERLAG, 2010.
- [PAH97] GERHARD PAHL; WOLFGANG BEITZ: KONSTRUKTIONSLEHRE – METHODEN UND ANWENDUNG. 4. AUFL. BERLIN HEIDELBERG: SPRINGER VERLAG, 1997.
- [OPH05] LOTHAR OPHEY: ENTWICKLUNGSMANAGEMENT – METHODEN IN DER PRODUKTENTWICKLUNG. BERLIN HEIDELBERG: SPRINGER VERLAG, 2005.
- [VDI2222] VDI 2222: KONSTRUKTIONSMETHODIK – METHODISCHES ENTWICKELN VON LÖSUNGSPRINZIPIEN. AUSG. 06/1997. BERLIN: BEUTH VERLAG.