

**xForce – Weiterentwicklung einer konventionellen  
Tragrolle**

Yevhen Redka



M.Sc. Yevhen Redka (Referent)  
Artur Küpper GmbH & Co.KG  
An der Knippenburg 27  
46238 Bottrop

## xForce – Weiterentwicklung einer konventionellen Tragrolle

*Intelligente Werkstoffe sind die Basis für moderne Hightech-Produkte. Dabei stehen die Nachhaltigkeit und ein ressourcenschonender Materialkreislauf im Vordergrund.*

*Im vergangenen Jahrhundert war Stahl der zentrale Werkstoff. Jetzt arbeiten Forscherinnen und Forscher bereits seit geraumer Zeit an neuen Werkstoffen mit völlig neuen Eigenschaften, die auch für die nächste Generation Tragrollen von großer Bedeutung sind.*

*Unter Berücksichtigung dieser neuesten wissenschaftlichen Erkenntnisse hat die Artur Küpper GmbH & Co. KG gemeinsam mit ihren Partnern erfolgreich eine Tragrolle aus einem Faserverbundwerkstoff entwickelt, Küpper – xForce.*

### 1. Einleitung

Stahlrollen sind aus gutem Grund weltweit in der Fördertechnik zu finden. Sie vereinen hohe Traglasten, moderaten Verschleiß und hohe Rundlaufgenauigkeiten miteinander.

Erweiterte Arbeits- und Umweltschutzregelungen sowie aggressivere Einsatzbedingungen erfordern den Einsatz von leichteren und resistenteren Werkstoffen.

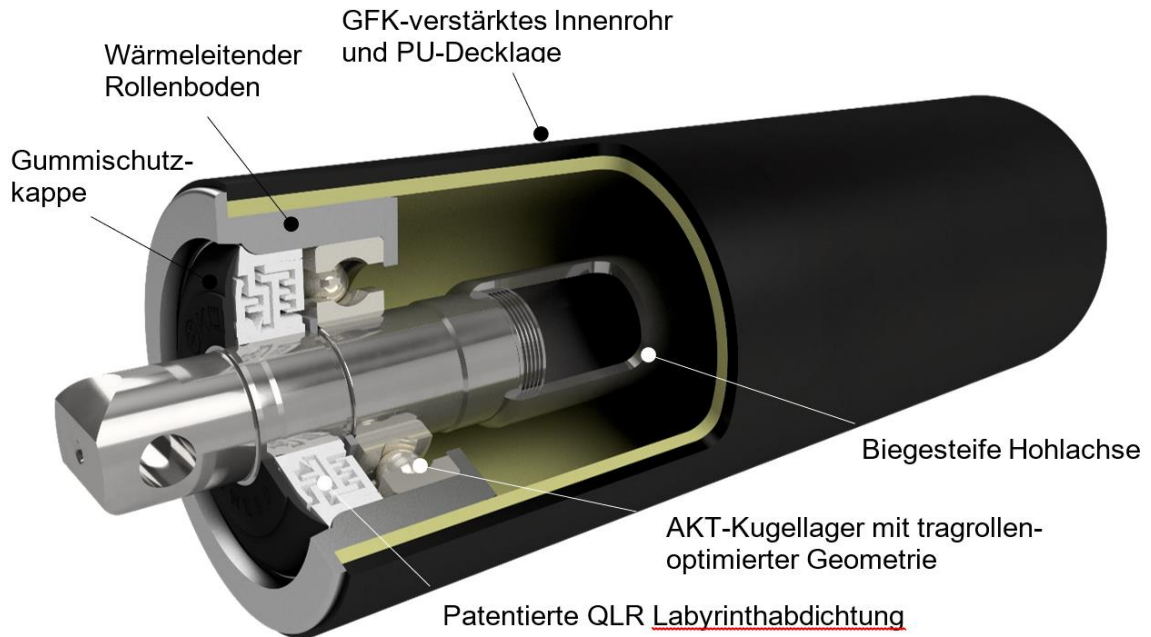
Das trifft in erster Linie in Einsatzgebieten mit folgenden Anforderungen zu:

- Reduzierung der Tragrollenmasse (Personalentlastung bei Rollentransport und -wechsel)
- Einsatz unter aggressiven Bedingungen (Säuren, Alkalien, Salzwasser etc.)
- Reduzierung von Schallemissionen (staatliche Restriktionen für Bevölkerungs- und Umweltschutz)

Aufgrund dieses Anforderungsprofils wurde von Küpper die xForce Composite Tragrolle als eigenständiges Entwicklungsprojekt ins Leben gerufen.

Bereits in der Entwicklungsphase wurde deutlich, dass das speziell entwickelte Zwei-Komponenten Tragrollenrohr aus glasfaserverstärktem Innenrohr und verschleißoptimierter PU-Decklage eine außergewöhnliche Langlebigkeit und Zuverlässigkeit gewährleistet (Bild 1). Die notwendige Steifigkeit der Tragrolle und die gewünschte Gewichtsreduzierung wird durch das GFK Kernrohr erzielt. Die PU Decklage stellt die notwendige Elastizität und chemische Widerstandsfähigkeit sicher.

In Verbindung mit einer präzisen Fertigung garantiert diese Neuentwicklung eine hohe Tragfähigkeit, eine reduzierte Schallemission sowie ein erheblich reduziertes Rollengewicht.



**Bild 1:** Küpper xForce Composite Roller

## 2. Entwicklung und Untersuchungen im Küpper-Labor

Berechnungen, Simulationen und Untersuchungen sind heutzutage ein unentbehrlicher Bestandteil aller Entwicklungsprojekte. Das Projekt xForce war dabei keine Ausnahme. Schon im frühen Entwicklungsstadium fanden eine Vielzahl von Berechnungen und Versuchen statt. Die Versuche wurden in unserem Labor auf eigenen Tragrollenpr fst nden durchgeführt.

Da es sich bei dem Mantelrohr um einen Verbundwerkstoff handelt, dessen Steifigkeitsberechnung mit einem hohen Aufwand und einer hohen Fehlerwahrscheinlichkeit verbunden ist [1], wurde zunächst die tatsächliche Steifigkeit des Rohrs experimentell in unserem Tragrollen-Belastungspr fstand (Bild 2) ermittelt.

Durch diese Versuche wurde belegt, dass die Belastungsgrenze der xForce Composite Tragrolle um bis zu 100 % über dem Wert einer Standard-Kunststofftragrolle liegt (Bild 3) und sich somit auf dem vergleichbaren Niveau einer konventionellen Stahltragrolle befindet. Dadurch ist der Einsatz der xForce Composite Tragrolle in hochbelasteten Bereichen, z.B. als Mitteltragrolle im Obertrum, möglich.

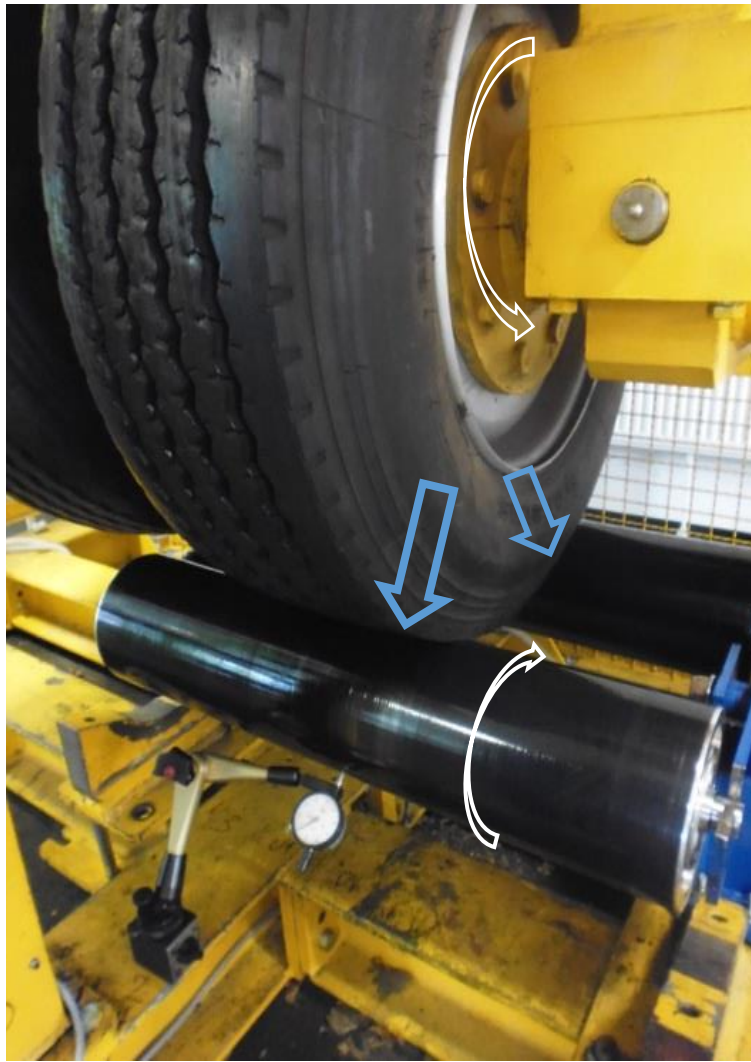


Bild 2: xForce Tragrolle im Testlabor

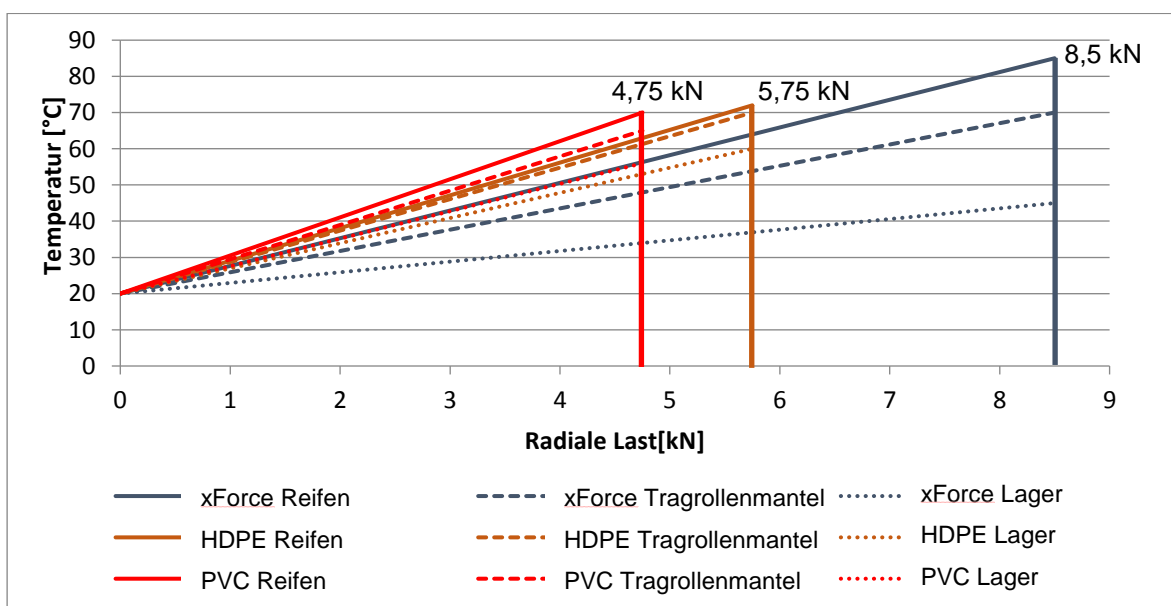
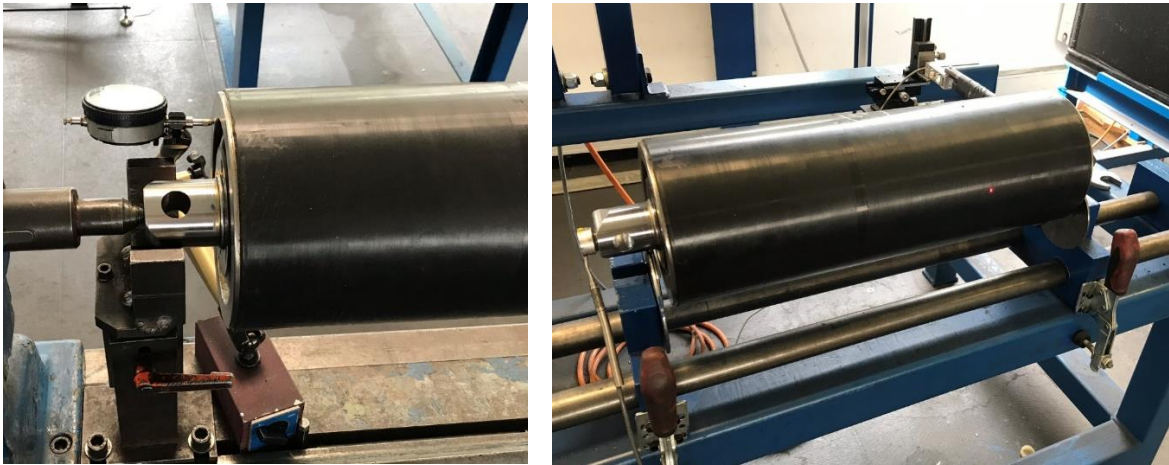


Bild 3: Steifigkeit und Temperaturentwicklung unterschiedlicher Tragrollenmantelausführungen

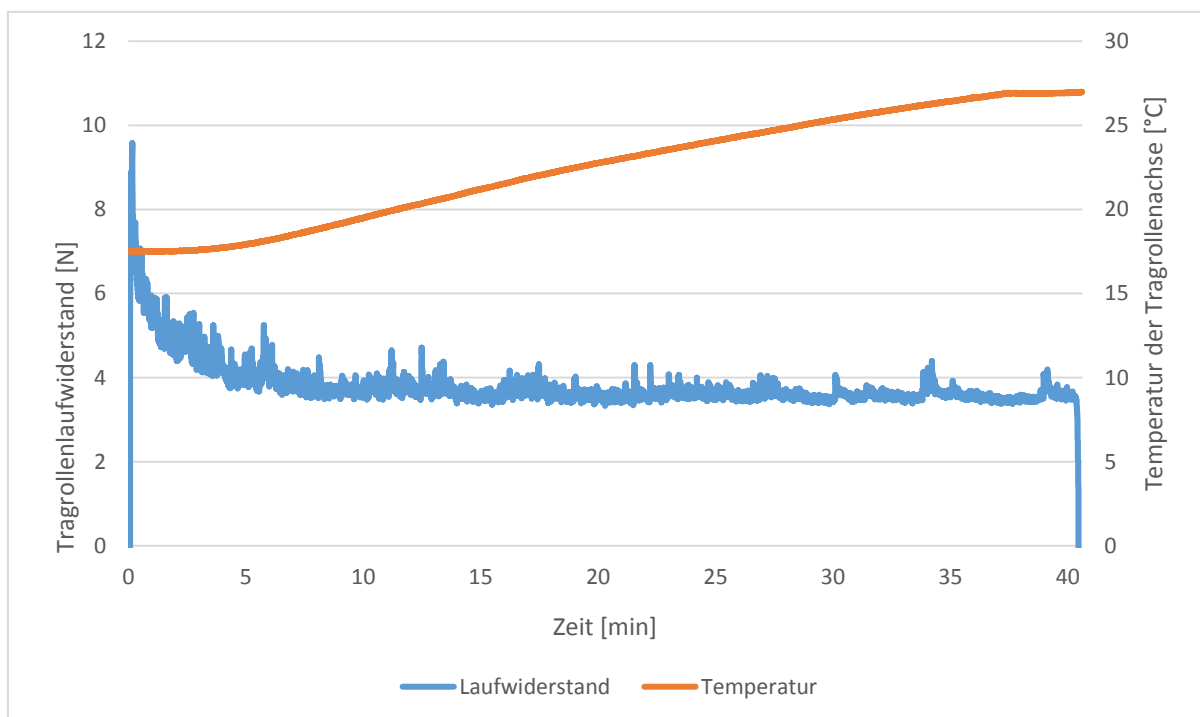
Im weiteren Entwicklungsverlauf wurden alle Komponente der xForce Composite Tragrolle aufeinander abgestimmt und weitere Messungen und Prüfungen durchgeführt. Die Rollenbodengeometrie wurde in Verbindung mit der Kontaktfläche zum Composite Rohr optimiert.

Parallel hierzu wurde die Montagequalität kontrolliert und eine Reihe von Tragrollen-Parametern wie z.B. Laufwiderstand, Planlauf, Rundlauf, Axialspiel, Wuchtgüte gemessen und analysiert (Bild 4 und 5) ([2],[3]).



**Bild 4:** xForce Composite Tragrolle in den Prüfständen (Planlaufmessung links, Laufwiderstand- und Temperaturmessung rechts)

Durch den leichten Verbundwerkstoff und die exakte Geometrie des Rohres hat die Tragrolle eine exzellente Wuchtgüte, eine sehr geringe Rundlaufabweichung und einen niedrigen Laufwiderstand. Die Temperaturentwicklung ist auch unter Last unauffällig (Bild 5).



**Bild 5:** Laufwiderstand und Temperaturentwicklung ( $\varnothing 160$ , RL 465mm, Lager 6310)

### 3. Feldtest in einer hochbelasteten Bandanlage in Deutschland

Nach erfolgreicher Überprüfung und Analyse der xForce Composite Tragrolle auf den Prüfständen im Küpper-Labor wurde ein Feldtest in einer leistungsstarken und schnelllaufenden Anlage mit einem Massenstrom von 22.000 t/h und einer Bandgeschwindigkeit von ca. 10 m/s durchgeführt.

Die Tragrolle wurde als 5-teilige Girlande in einem hochbelasteten Bereich eingesetzt (Bild 6). Die Mittelrolle ( $\varnothing 160$ , RL465) wurde mit 7,4 kN belastet und rotierte mit bis zu 1100 U/min.

Nach fünf Jahren wurde der Test erfolgreich abgeschlossen. Die Tragfähigkeit und die Laufeigenschaften der xForce Tragrolle wurden im Vergleich zu den benachbarten konventionellen Stahltragrollen bestätigt. Der Schallpegel wurde durch den Einsatz der xForce Tragrollen deutlich reduziert

Neben der deutlichen Geräuschreduzierung kommt der Verringerung der Gesamtmasse eine besondere Bedeutung zu. Durch den Einsatz der xForce Tragrolle wird das Gewicht einer Girlande um 55 kg reduziert, bei einer Förderlänge von 500 m ist somit eine Reduzierung der Masse um mehr als 17 Tonnen möglich. Dies beeinflusst die Statik des Stahlbaus positiv und führt somit zu mehr Sicherheit und einer verlängerten Lebensdauer der Gesamtanlage.

Aus ergonomischer Sicht wird das Personal durch die Gewichtsreduzierung beim Wechseln von Tragrollen spürbar entlastet.



**Bild 6:** Fünfteilige Girlandenausführung mit xForce Composite Tragrollen  
(Massenstrom 22.000 t/h, Bandgeschwindigkeit bis 10 m/s)

#### 4. Feldtest in Südamerika mit extremen Umgebungsbedingungen

Ein weiteres Anwendungsbeispiel der xForce Tragrolle ist der Einsatz in aggressiven Umgebungsbedingungen. Auf Bild 8 werden die Vorteile des Verbundwerkstoffes der xForce Tragrolle im Vergleich zu einer Stahl Tragrolle (Bild 7) dargestellt.

In der Test-Anlage wird feuchtklebriges Material transportiert, dass beim Einsatz von Stahl Tragrollen an der Manteloberfläche des Tragrollenrohres anbackt und aushärtet. Diese großflächigen Anbackungen erhöhen die Rundlaufabweichung der Tragrollen und führen folglich zu „Gurtflattern“ und zum Gurtschieflauf sowie zu einer deutlichen Verringerung der Tragrollenlebensdauer infolge steigender dynamischer Tragrollenbeanspruchung. Auf den Bildern 8 und 10 ist klar erkennbar, dass an der xForce Tragrolle keine Anbackungen auftreten.

Die auf den Bildern 8 bis 10 dargestellten xForce Tragrollen wurden im Dezember 2018 eingebaut und sind bis heute fehlerfrei im Einsatz. Dieser Erfolg ist auf die flexible PU-Oberfläche der xForce Tragrolle zurückzuführen. Durch die Mikrowalkbewegungen des PU-Mantels wird anbackendes Material direkt abgesprengt. Für die notwendige Biegesteifigkeit sorgt der glasfaserverstärkte Kern des Tragrollenmantels. Somit ist die xForce Tragrolle auch für die hohen Förderleistungen dieser Bandanlage bestens geeignet. Darüber hinaus beeinflusst die antikorrosive Eigenschaft der xForce Tragrolle die Lebensdauer positiv und kann somit überall dort eingesetzt werden, wo durch aggressive Medien Stahlrollen in kürzester Zeit korrodieren.

**Stahl Tragrolle**



**Bild 7:** Verstärkte Materialanbackungen an einer Stahlrolle

- Anbackungen
  - Extreme Rundlaufabweichung
  - Hohe Schallemission
  - Geringe Lebensdauer
  - Gurtflattern/-schieflauf

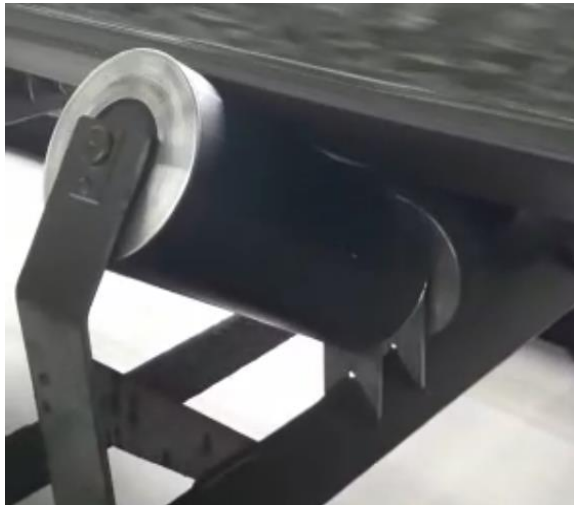
**xForce Composite Tragrolle**



**Bild 8:** Selbstreinigende Manteloberfläche der xForce-Tragrolle

- Keine Anbackungen
  - Guter Rundlauf
  - Geringe Schallemission
  - Lange Lebensdauer

Vergleich der Performance unter aggressiven Bedingungen  
(feuchtes, säurehaltiges Material, Meerwasser)



**Bild 9:** xForce-Composite-Tragrollen im Einsatz, Hafenanlage, Kupfererzförderung, Einbau im Dez. 2018



**Bild 10:** Tragrollenzustand im Mai 2023 nach 4,5 Jahre im Dauerbetrieb

## 5. xForce - Weiterentwicklung zur Tragrolle der Zukunft

Um die xForce Tragrolle zukünftig in eine kundenbezogene digitale Infrastruktur einzubinden hat Artur Küpper GmbH & Co. KG (AKT) zusammen mit dem Institut für Logistik und Materialflusstechnik (ILM) der Otto-von-Guericke-Universität (OVGU) im Jahr 2022 das Forschungsprojekt ENORM gestartet. Dieses Projekt wird im Rahmen des ZIM-Netzwerkes „NekoS“ bearbeitet und durch das Bundesministerium für Wirtschaft und Energie aufgrund eines Beschlusses des Deutschen Bundestages im Rahmen des zentralen Innovationsprogramms Mittelstand (ZIM) gefördert.

Ziel dieses Projekts ist es die Tragrollenüberwachung auf ein qualitativ höherwertiges Niveau zu bringen.

Das Konzept der neuen Überwachung basiert auf folgenden Prinzipien:

- Kontinuierliche Messung der lebensdauerrelevanten Tragrollenparameter (Verschleiß, Temperatur, Belastung, Geschwindigkeit)
- Ermittlung der Restlebensdauer der Tragrolle unter Berücksichtigung der Messdaten und der Laufzeit.

Basierend auf den gemessenen und den aktuellen Berechnungsergebnissen wird die Restlebensdauer aller Tragrollen ermittelt und dem Betreiber als „bleibende Kapazität der Tragrolle“ auf die Systemkonsole übertragen. Somit entsteht ein Überwachungssystem, das dem Anlagenbetreiber die Wartungsplanung erleichtert und dem Einkauf punktgenau die zu bestellenden Materialien mitteilt.

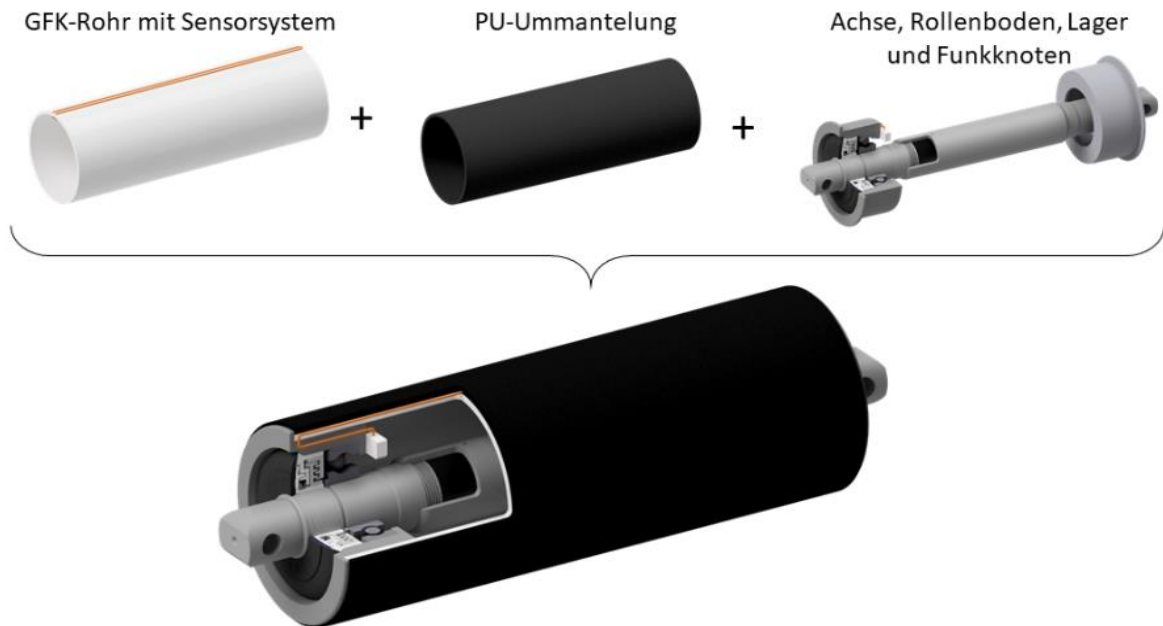
Durch die ständige Auswertung der Messdaten und dem Abgleich mit der tatsächlichen Lebensdauer ist das System selbstlernend und kann die Vorhersagen der



Tragrollenlebensdauer fortwährend optimieren

Ein weiterer Vorteil des Systems ist die direkte Feststellung von Störungen oder Unregelmäßigkeiten im laufenden Betrieb der Bandanlage. Durch die Analyse der Messparameter können kritische Anlagenbereiche lokalisiert und entschärft werden.

Der konzeptionelle Aufbau der Sensor xForce Tragrolle ist auf Bild 11 dargestellt.



**Bild 11:** Konzeptioneller Aufbau der Sensor xForce Tragrolle

#### Quellenverzeichnis:

- [1] Schürmann, H.: Konstruieren mit Faser-Kunststoff-Verbunden (2., bearbeitete und erweiterte Auflage): Springer-Verlag Berlin Heidelberg 2005, 2007: ISBN 978-3-540-72189-5
- [2] DIN 22112-3:2022-1, Gurtförderer für den Kohlenbergbau unter Tage – Tragrollen – Teil 3: Prüfung
- [3] DIN ISO 21940-11:2023-04, Mechanische Schwingungen – Auswuchten von Rotoren – Teil 11: Verfahren und Toleranzen für Rotoren mit starrem Verhalten