

Dr.-Ing. Adam Gladysiewicz, Artur Küpper GmbH & Co. KG
Jun.-Prof. Dr.-Ing. Andre Katterfeld, Otto-von-Guericke Universität Magdeburg

Intelligente Girlande

Neueste Entwicklungen zum Thema Energieeffizienz von Gurtförderern

Abstract:

Dem Thema Energieeffizienz von Bandanlagen wird eine immer größere Bedeutung beigemessen. Zahlreiche Maßnahmen und Patente wurden in diesem Bereich entwickelt. Mit dem neuartigen und innovativen Tragrollensystem Intelligente Girlande ist eine deutliche Reduzierung des Energieverbrauchs möglich. Das Konzept basiert auf einer automatischen Anpassung des Muldungswinkels an den tatsächlichen Beladungszustand der Bandanlage. Bei maximalem Massenstrom weist die Muldungsgeometrie den größtmöglichen Muldungswinkel auf, während dieser bei Teilbeladung oder Leerbetrieb abgeflacht wird.

In Feldversuchen wurde ein Gurtförderer mit dem System Intelligente Girlande ausgestattet. Die Ergebnisse dieser Versuche, sowie Informationen zu Berechnungen und Auslegung der Intelligenten Girlande, werden in diesem Artikel dargestellt.

1 Idee der Intelligente Girlande

Die zurzeit bekannten Maßnahmen zur Energieeinsparung bei Gurtförderern zielen meistens auf die optimale Auswahl der Tragrollen und ihrer Einbausituation (Tragrollenteilung) oder auf eine Optimierung der Gurteigenschaften [1]. Auf Basis langjähriger Erfahrung und theoretischer Analysen hat die Firma Artur Küpper GmbH & Co. KG ein neuartiges Konzept zur Energieeinsparung entwickelt. Es beruht auf einer modifizierten Aufhängung bereits vorhandener Tragrollen-Girlanden, die eine Anpassung der Geometrie des Muldungswinkels an den jeweiligen Belastungszustand ermöglicht.

Basis dieser Entwicklung ist das in [2] veröffentlichte Forschungsergebnis, dass mit einem kleineren Muldungswinkel weniger Kraft auf die Tragrollen ausgeübt wird, wodurch auch die Bewegungswiderstände – vor allem der Eindrückrollwiderstand – reduziert werden. Ein variabler Muldungswinkel ermöglicht sowohl den ursprünglich ausgelegten hohen Muldungswinkel bei nominalem Massenstrom und maximaler Belastung als auch einen reduzierten Muldungswinkel bei kleineren Massenströmen mit entsprechend niedrigeren Bewegungswiderständen. Diese beiden Beladungssituationen sind in Abb. 1 dargestellt.

Die Muldungsänderung wird durch auf die Girlande wirkende Federn erzeugt. Bei Volllast entspricht die Girlandengeometrie einer ungefederten Standardausführung. Bei Leerlauf/Teillast wird durch die Federzugkraft ein flacherer Muldungswinkel eingestellt. Durch Auswahl der Federparameter und der Federaufnahme wird die Muldungsänderung optimal gestaltet und an die Eigenschaften jeder bestehenden Bandanlage angepasst.

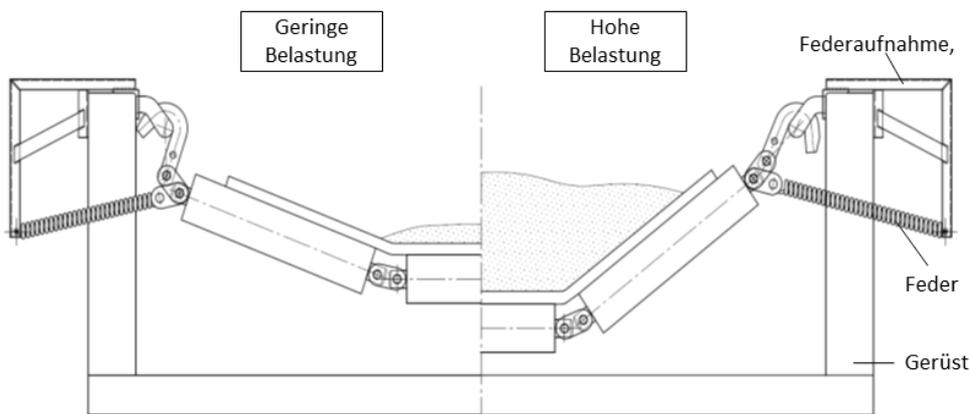


Abb. 1: Prinzip der Intelligenten Girlande

2 Erforderlicher Muldungswinkel

Die Reduzierung des Muldungswinkels führt bei Leerlauf/Teillast zu einem geringeren Energieverbrauch. Die folgende Bedingung muss erfüllt werden:

$$A_{th}(\lambda) \cdot \rho \cdot v > I_m$$

Dabei ist A_{th} der theoretische Füllquerschnitt nach DIN 22101, ρ die Schüttdichte des Schüttguts, v die Gurtgeschwindigkeit, λ der Muldungswinkel und I_m der Massenstrom. Hieraus folgt, daß eine Reduzierung des Muldungswinkels nur bei Massenströmen kleiner der Nominallast möglich ist.

Eine zweite Bedingung bezieht sich auf den Schieflauf des Gurtes. Die Mulde muss immer tief genug sein, um den Gurt durch ausreichend starke Seitenkräfte zentrieren und dadurch führen zu können. Sowohl im CEMA-Standard [3] als auch in DIN-Standards [4,5] werden 3-teilige Rollensätze mit einem Muldungswinkel von minimal 20° angegeben. Dieser Wert wurde als Untergrenze für die Intelligente Girlande ausgewählt.

3 Praktische Ausführung

Im Tagebau Vereinigtes Schleenhain der MIBRAG mbH wurde eine 625 m lange Bandanlage mit Intelligenten Girlanden ausgerüstet und getestet. Die Anlage hat folgende Parameter:

- Gurtbreite: 2000 mm
- Bandgeschwindigkeit: 6,55 m/s
- Nominaler Massenstrom: 14.500 t/h (durchschnittlich ca. 7000-8000 t/h)
- Girlandenabstand: 2,5 m
- Muldungswinkel: 34°

Unter Berücksichtigung von Belastungsdaten und Geometrie wurde für diese Anlage eine Intelligente Girlande konstruiert. Mit Hilfe speziell entwickelter Berechnungsmethoden wurden die Federn und die Federaufnahmen für diese Testanlage ausgelegt. Die ersten Prototypen wurden im Versuchslabor der Artur Küpper GmbH & Co. KG auf einem Original-Gerüstfeld aus dem Tagebau getestet [6]. In Abb. 2 werden sowohl die Berechnungen als auch der sich einstellende Muldungswinkel in Abhängigkeit vom Massenstrom dargestellt. Die Standard Girlande weist einen nahezu konstanten Muldungswinkel von 34° auf. Die zusätzlichen Federkräfte der Intelligente Girlande bewirken eine Variabilität des Muldungswinkels zwischen 22° und 33°. Die eingangs aufgestellten Berechnungen wurden in der Praxis durch die gemessenen Werte des Muldungswinkels bestätigt. Die Muldungsänderung bewegte sich innerhalb der vorgegebenen Grenzen. Im Anschluss an die Laboruntersuchungen wurde die Intelligente Girlande in einer realen Bandanlage getestet.

Mit unterschiedlichen Feder-Parametern und einer veränderten Geometrie der Feder-aufhängung ist es möglich, eine dynamische Muldungsänderung relativ zum aktuellen Massenstrom zu erzielen. Durch diese Variabilität passt sich der Muldungswinkel jederzeit an die gegebenen Anforderungen an.

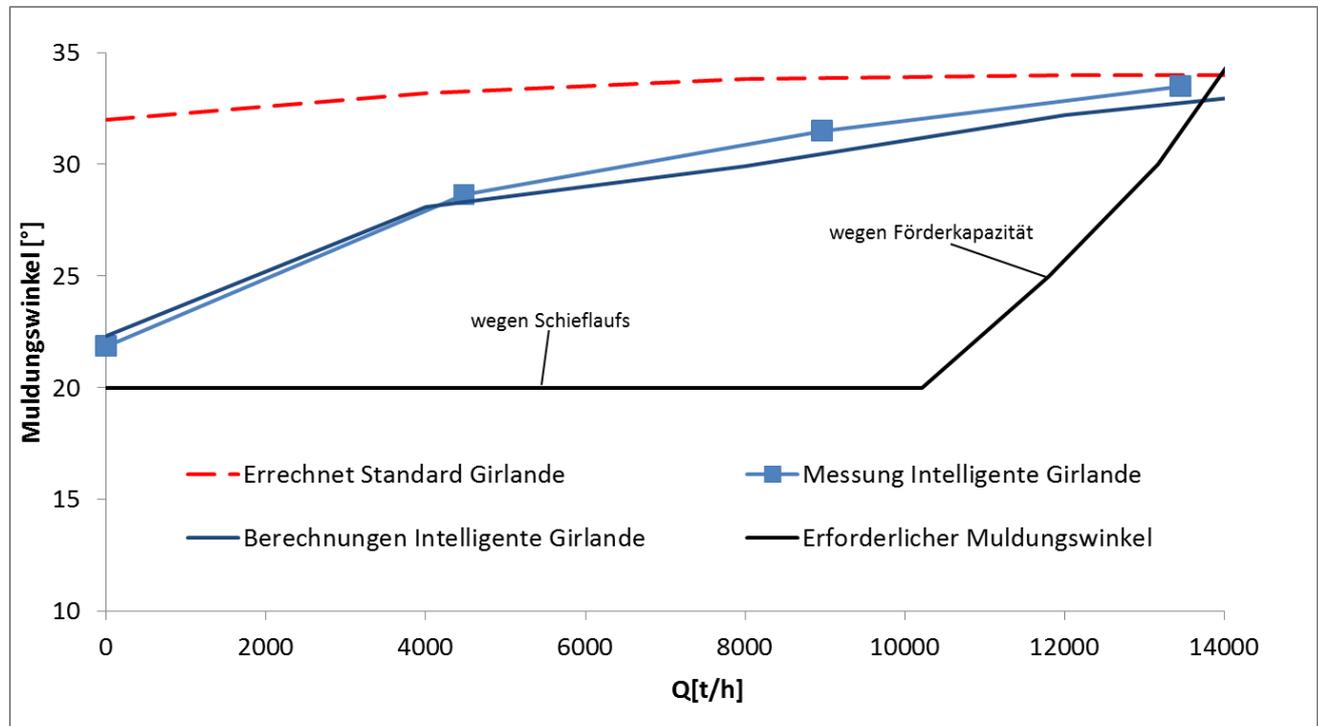


Abb. 2: Muldwinkel von Standard Girlande und Intelligenter Girlande

4 Feldversuche

Abb. 3 zeigt die Testanlage vor und nach dem Einbau der Intelligenten Girlanden. Der Gurtförderer GbF50 befindet sich im normalen Tagebau-Betrieb. Er wurde im April 2012 mit entsprechender Messtechnik ausgerüstet, um den Einfluss der Intelligenten Girlanden auf den Energieverbrauch der Förderanlage wissenschaftlich zu analysieren.

Folgende Messdaten wurden kontinuierlich erfasst und aufgezeichnet:

- die elektrische Antriebsleistung über die Stromaufnahme der Motoren;
- das Antriebsmoment beider Antriebsströmmeln (die Antriebswellen wurden mit Dehnungsmessstreifen in Verbindung mit einem miniaturisierten Messverstärker mit integriertem Telemetriesender und einer induktiven Stromversorgung ausgerüstet);
- der Massenstrom des Förderguts über eine Bandwaage;
- die Lufttemperatur und -feuchte.



Abb. 3a: Test Bandanlage GbF50 vor dem Einbau



Abb. 3b: Test Bandanlage GbF50 nach dem Einbau

Nach einjährigem Feldversuch mit kontinuierlichen Messungen an der Bandanlage wurden im Juni 2013 sämtliche Girlanden mit der elastischen Aufhängung der Intelligenten Girlande ausgerüstet. Für die Montage/Demontage wurde eine spezielle Vorspannvorrichtung entwickelt, die den Umbau in nur ca. 2 Minuten pro Girlande ermöglicht. Zu betonen ist, dass

der Einbau ohne Anheben und Entspannen des Gurts und ohne schweres Gerät durchgeführt werden kann.

Um vergleichbare Messdaten für Standard Girlande und Intelligente Girlande zu erhalten, wurden die Zeiträume bei gleichen Temperaturen analysiert. Für die Auswertung wurde der durchschnittliche Beladungszustand errechnet, der auf dem Band liegt. Dieser wurde als gleitender Mittelwert des Signals der Bandwaage definiert.

5 Ergebnisse

Abb. 4 zeigt die Gegenüberstellung der Mess- und Berechnungsergebnisse. Die Messwerte beziehen sich auf die gemessene Leistung der Antriebswellen. Dabei wurden die Messpunkte von Standard Girlande und Intelligenter Girlande so ausgewählt, dass jeweils die gleiche Umgebungstemperatur vorlag. Der Verlauf wurde durch Regression von mehreren Tausend Punkten ermittelt [7]. Die Berechnungen wurden mit dem Programm QNK-AKT unter Berücksichtigung aller Parameter der Anlage durchgeführt. Die Berechnungsmethode betrachtet alle Komponenten des Gesamtbewegungswiderstands:

- Eindrückrollwiderstand
- Tragrollenwiderstand
- Gurtwalkwiderstand
- Sturzwiderstand
- Nebenwiderstände

Desweiteren wurde der Wirkungsgrad des Antriebs in Abhängigkeit von der Belastung berücksichtigt.

Im Berechnungsprogramm QNK-AKT wurde keine Unregelmäßigkeit der Lastverteilung der Bandanlage berücksichtigt. Besonders bei rückbaren Bandanlagen verursachen Ausrichtungsungenauigkeiten unterschiedliche Rollen-/Girlandenbelastungen. Durch den Einsatz der Intelligenten Girlanden werden diese Ungenauigkeiten ausgeglichen [6]. Durch diesen Ausgleich liegt die tatsächliche Einsparung deutlich über der Berechneten. Diese berechneten Anteile des Energieverbrauchs werden in Abb. 5 dargestellt. Die mit „Antrieb“ gekennzeichneten Verluste definieren die Energieverluste zwischen der elektrischen Leistung am Eingang und der mechanischen Leistung an den Antriebswellen. Die folgenden Komponenten werden als Nebenwiderstände betrachtet:

- Reibungswiderstand durch Gurtreinigung
- Trägheitswiderstand des Fördergutes und Reibungswiderstand zwischen Fördergut und Gurt im Bereich einer Aufgabestelle
- Reibungswiderstand zwischen Fördergut und seitlichen Schurren im Beschleunigungsbereich der Aufgabestelle
- Gurtbiegewiderstand auf den Trommeln

Der Widerstand im Obertrum stellt im Leerlauf nur 34,4 % des Gesamtwiderstandes dar. Die Intelligente Girlande beeinflusst lediglich den Widerstand im Obertrum. Die Reduzierung der Antriebsleistung im Leerlauf ist relativ klein, da der im Untertrum generierte Widerstand, Nebenwiderstände und Energieverluste in den Antrieben unverändert bleiben. Die höchste Reduzierung von 12 % an mechanischer Antriebsleistung durch die Intelligente Girlande wurde bei einem Massenstrom von ca. 4000 t/h erreicht. Die positive Wirkung wurde in einem Langzeittest für Massenströme ≤ 8000 t/h bewiesen. Diese Aussage wird in Abb. 6 dargestellt und belegt. Bei der untersuchten Bandanlage beträgt der Massenstrom zu 85,6 % weniger als 8.000 t/h.

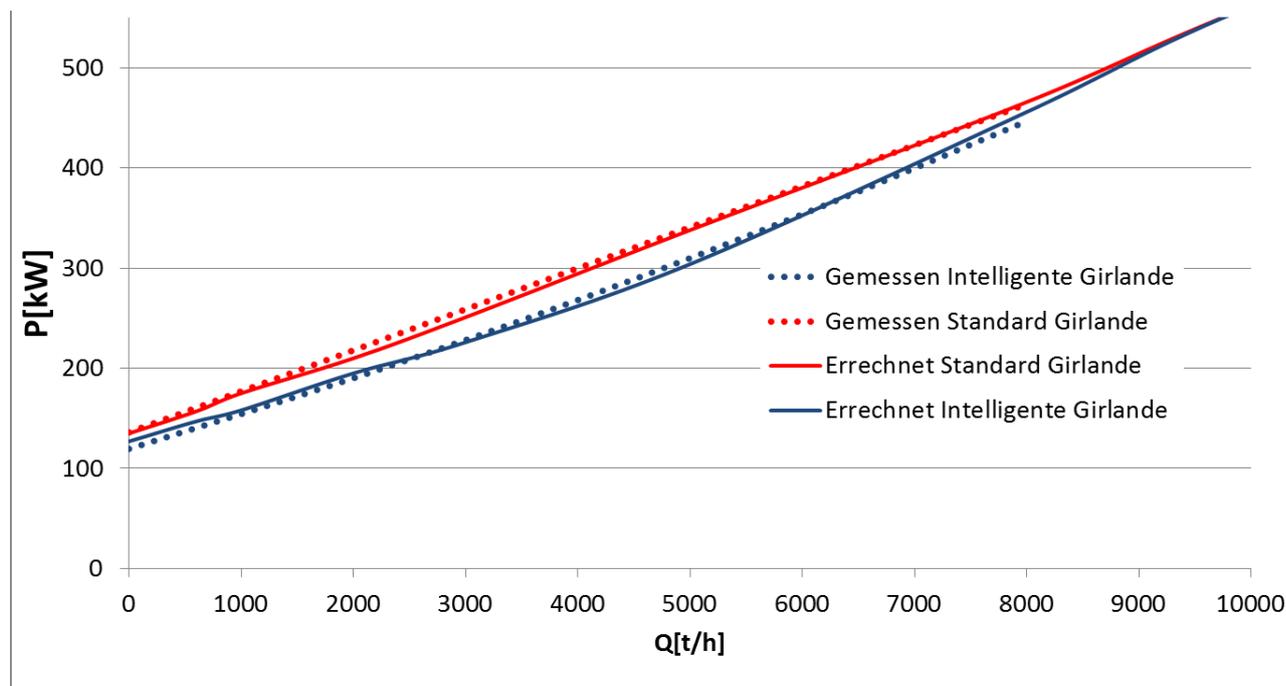


Abb. 4: Mechanische Antriebsleistung:
Vergleich zwischen Mess- und Berechnungsergebnissen.

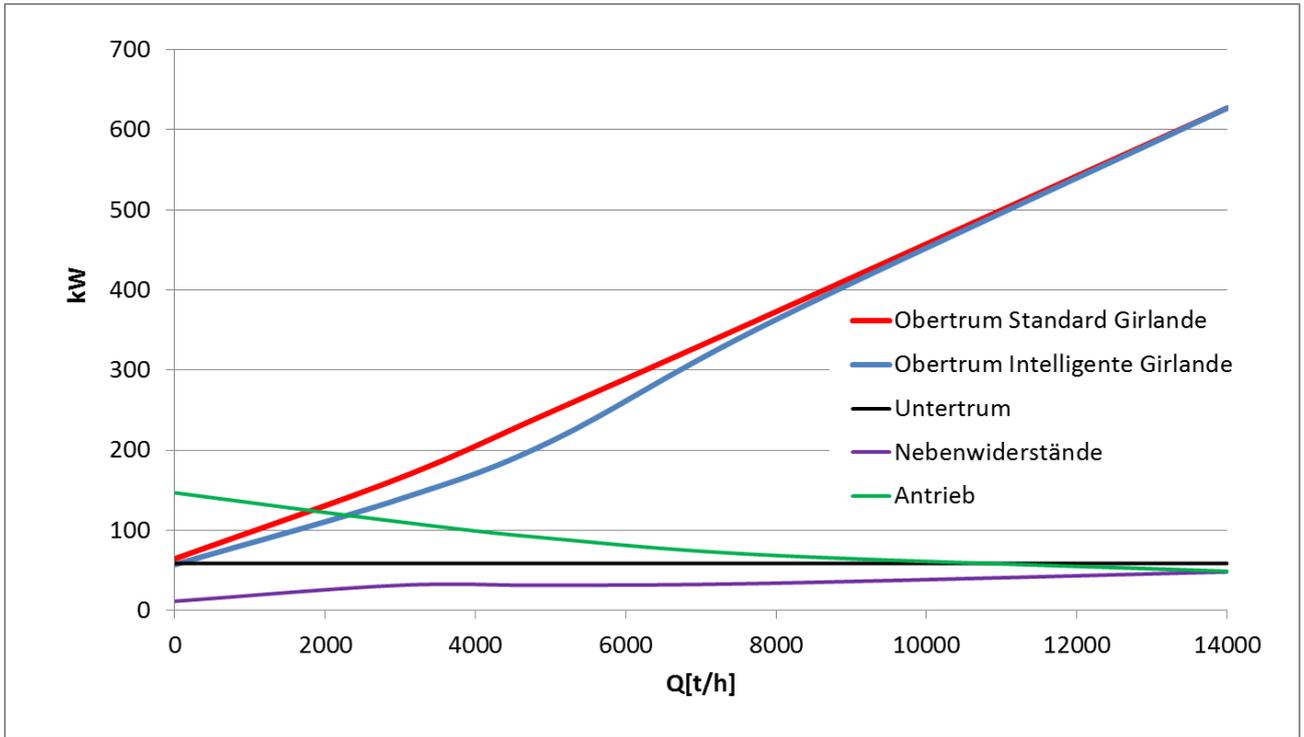
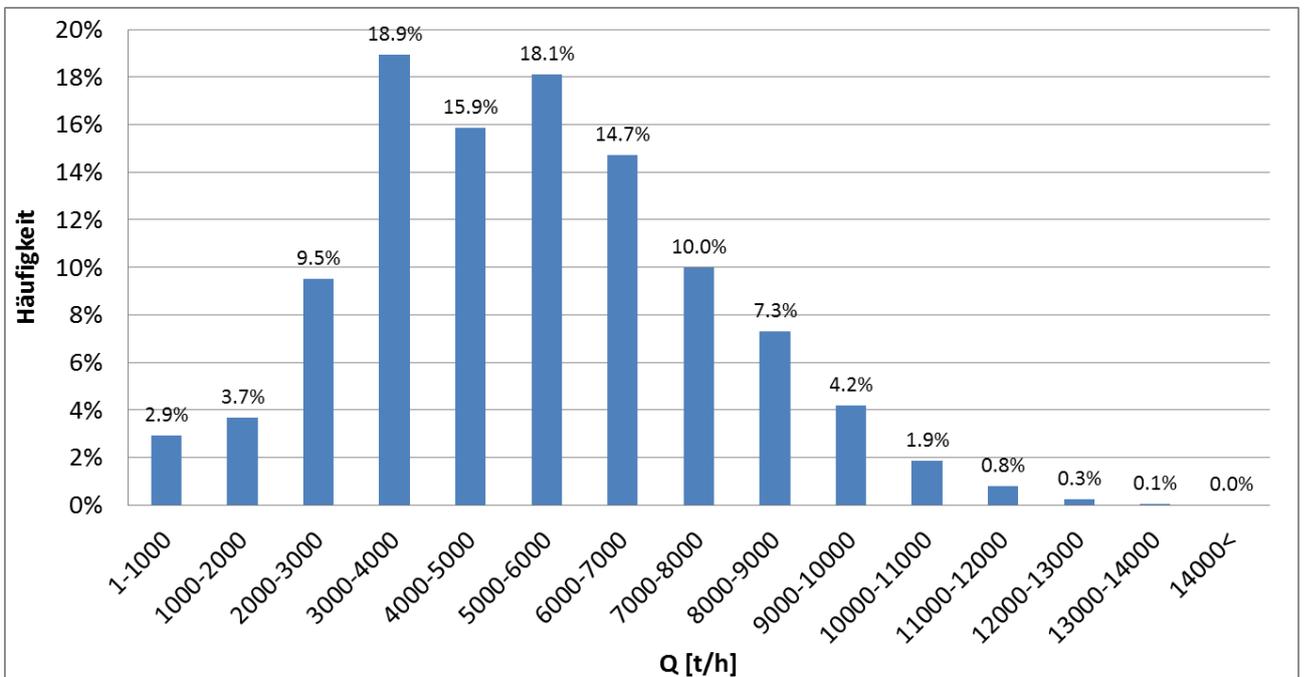


Abb. 5: Berechnete Anteile der Antriebsleistung



Zusammenfassung

- Durch den Einsatz der Intelligenten Girlande wird an der modifizierten Gurtförderanlage bis zu 13 % an mechanischer Antriebsleistung eingespart.
- Durch die hiermit verbundene Reduzierung der Energiekosten amortisiert sich eine Umrüstung innerhalb weniger Monate.
- Ausgleich von Ungenauigkeiten in der Ausrichtung der Gerüstfelder und somit eine gleichmäßige Verteilung der Last auf die Girlanden-Tragrollen und zusätzliche Stoßdämpfung bei grobkörnigem Fördergut. Durch diese positiven Nebeneffekte ist davon auszugehen, dass sich die Lebensdauer der Tragrollen erhöht.
- Die gemessenen Werte stimmen sehr gut mit den Berechnungsergebnissen überein.
- Eine Energieeinsparung wird, bezogen auf die Testanlage, bei Massenströmen ≤ 8000 t/h erreicht.
- Im Vergleich zu anderen Methoden ist der Einsatz von Intelligenten Girlanden kostengünstig und schnell umsetzbar.
- Die Test-Bandanlage hat einen nominalen Muldungswinkel von 33° . Bei höheren Muldungswinkeln (z.B. 45°) ist das Energieeinsparpotential durch die Intelligente Girlande wesentlich höher.

Literatur:

- [1] Gladysiewicz, A.: „Tragrollenoptimierung zur Effizienzsteigerung von Gurtförderern“. Fachtagung HdT Gurtförderer und ihre Elemente. 12-13. Juni 2013 Essen
- [2] Grabner, K.: „Untersuchungen zum Normalkraftverlauf zwischen Gurt und Tragrollen bei Gurtförderern“. Dissertation, Montanuniversität Leoben. 1990.
- [3] Belt Conveyors for Bulk Materials, 6th Ed., CEMA The Conveyor Equipment Manufacturers
- [4] DIN 22111 Leichtes Traggerüst März 2000
- [5] DIN 22114 Schweres Traggerüst März 1993
- [6] Gladysiewicz, A.; Katterfeld, A.: „Intelligente Girlande Konzept und erste Praxiserfahrungen“. 17. Fachtagung Schüttgutfördertechnik „Neues aus Wissenschaft und Praxis“. München 2012
- [7] Gladysiewicz, A.; Schwandtke, R.; Katterfeld, A.; Richter, C.: „Verifizierung der Intelligenten Girlande“. 18. Fachtagung Schüttgutfördertechnik 2013: „Treffpunkt für Forschung & Praxis“ Magdeburg 2013