WHITEPAPER



ENERGIE SPAREN
BEIM BETRIEB VON GEPÄCKFÖRDERANLAGEN

Siegling – total belting solutions

forbo
MOVEMENT SYSTEMS

Zusammenfassung 2

1 Grundlagen zum Energieverbrauch von Bandanlagen 3

2 Transportbänder mit reduzierten Reibungskoeffizienten 5

3 Labormessungen der dynamischen Reibung 8

4 Feldmessungen mit reibungsreduzierten Bändern 10

5 Amortisation 12

6 Fazit 13

Zusammenfassung

Auf Initiative des europäischen Verbandes der Flughafenbetreiber (ACI Europe) wurde 2009 ein weltweites Airport Carbon Accreditation Programm (ACAP) gestartet, das zum Ziel hat, die CO_2-Emissionen von Flughäfen zu verringern. Energieverbräuche der jeweiligen Gepäckförderanlagen werden von diesem Programm bisher nicht berücksichtigt, können aber einen erheblichen Anteil des CO_2-Fußabdruckes von Flughäfen verringern.

Ergänzend zu den Betrachtungen des ACAP werden in dieser Publikation die Energieverbräuche von Bandförderern untersucht, die in Gepäckförderanlagen eingesetzt werden und das Optimierungspotenzial der verbauten Komponenten beleuchtet. Das höchste Einsparpotenzial ist beim Reibungskoeffizienten zwischen Transportband und Gleittisch vorhanden. Messungen im Labor und an Flughafenanlagen weisen nach: Durch den Einsatz entsprechender Transportbandtypen mit geringem Reibwert kann eine Energieersparnis des gesamten Förderers von über 40 % erzielt werden. Eigene Nachhaltigkeitsziele jedes Betreibers werden dadurch effektiv unterstützt.

Amortisationsrechnungen zeigen, dass die Mehrkosten für entsprechende Bandtypen durch geringere Energiekosten überkompensiert werden.

Sekundäreffekte wie längere Bandlebensdauer und längere Förderstrecken bei identischem Antrieb können die Gesamtkosten der Anlage zusätzlich reduzieren.

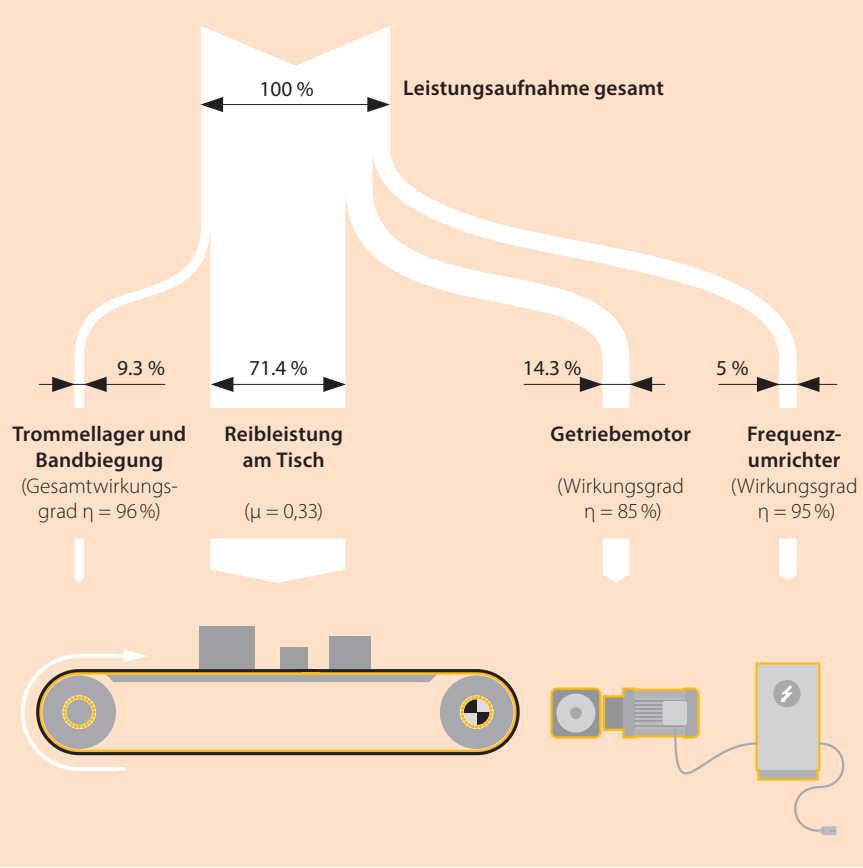
Whitepaper
Energie sparen beim Betrieb von Gepäckförderanlagen · 03/25

Nachdruck, Vervielfältigung – auch auszugsweise – nur mit unserer Genehmigung. Änderungen vorbehalten.

Forbo Siegling GmbH
Lilienthalstraße 6/8, D-30179 Hannover
Telefon +49 511 6704 0
www.forbo-siegling.com, siegling@forbo.com

1 Grundlagen zum Energieverbrauch von Bandanlagen

Bei allen Bandförderern ist der Gesamtenergiebedarf von zahlreichen Faktoren abhängig. Die Qualität, die Auslegung und der Wartungszustand aller mechanischen und elektrischen Komponenten bestimmen den Gesamtenergiebedarf entscheidend mit. Im Regelfall hat die zwischen Gleittisch und Transportbandunterseite entstehende Reibung (Reibleistung) den höchsten Anteil am Energiebedarf.



Energieaufnahme und Energiebedarf der einzelnen Komponenten bei einem typischen Bandförderer in folgender Konfiguration:

Standardbandtyp:	E 8/2 U0/V5H
Förderlänge:	10 m
Bandbreite:	1000 mm
Beladung:	50 kg/m
Mech. Leistung an der Antriebstrommel:	1,82 kW
Elektrische Leistung Eingang Umrichter:	2,3 kW

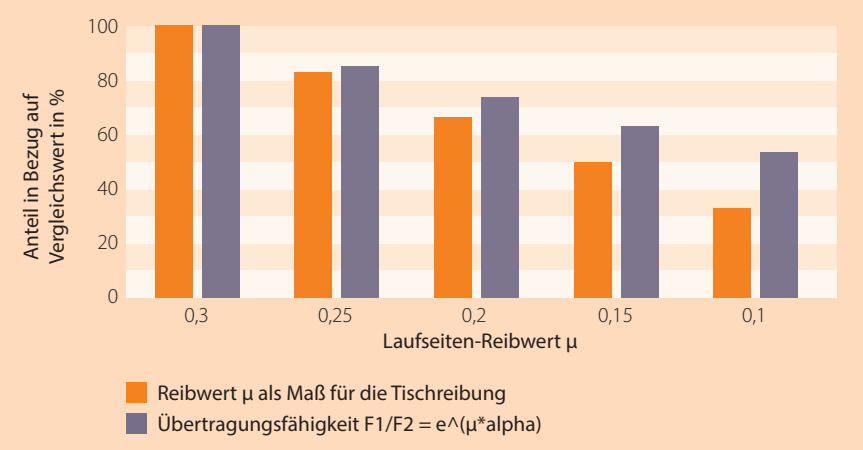
Trommellager und Bandbiegung

Mit einem Energiebedarf von insgesamt unter 10 % ist das Optimierungspotenzial an dieser Stelle gering. Der Verlustanteil wird zum großen Teil durch die Biegearbeit des Transportbandes bestimmt. Die üblicherweise verwendeten Wälzlager in den Rollen zeichnen sich bereits durch einen sehr geringen Laufwiderstand und damit hohen Wirkungsgrad aus. Theoretisch lassen sich die Bandverluste durch besonders biegeweiche Bänder verringern, die aber Nachteile in Bezug auf ihre Robustheit haben.

Reibleistung am Gleittisch

Die Reibleistung am Gleittisch wird von der Beladung sowie dem Reibungskoeffizienten zwischen den Reibpartnern Bandunterseite/Gleittisch bestimmt. Durch optimierte Bandunterseiten können hier der Reibungskoeffizient und die gesamte Reibleistung deutlich reduziert werden. Daraus resultiert ein großes Potenzial für Energieeinsparungen, das ohne Änderungen an der Anlage einfach ausgeschöpft werden kann.

Durch die Verringerung des Reibungskoeffizienten wird die Umfangskraft F_u ebenfalls reduziert, wenn man Antrieb über die Laufseite und eine gleichbleibende Vorspannkraft voraussetzt. Bei gleicher Vorspannkraft reicht die Mitnahme der Antriebstrommel in jedem Fall zum Bandantrieb aus, ohne dass die Trommel durchrutscht.



Abhängigkeit der Übertragungsfähigkeit der Antriebstrommel vom Reibwert der Bandlaufseite.

Die Übertragungsfähigkeit der Antriebstrommel bleibt sicher erhalten.

Die Möglichkeiten der Energie-Einsparungen durch verringerte Tischreibung sollten immer in den physikalisch vorgegebenen Grenzen beurteilt werden. Das gilt besonders für:

- Förderer mit geringer Auflast, geringerem Durchsatz oder langen Leerlaufzeiten
- rollende Abtragung der Bänder
- Schrägförderung
- hohe Beschleunigungs- oder Bremskräfte z. B. bei Taktbändern

Motor, Getriebe und Frequenzumrichter

Typische Antriebsmotoren haben einen Wirkungsgrad η von 50 – max. 90 %, Getriebe von 60 – 90 % und Frequenzumrichter von 90 – 96 %. Neben dem Wartungszustand und der Qualität der Komponenten ist hier vor allem die richtige Auslegung entscheidend für einen optimalen Wirkungsgrad. Mit Energieverlusten von insgesamt unter 20 % ist das Optimierungspotenzial an dieser Stelle nicht besonders groß und kann nur durch Investitionen in die Anlagentechnik ausgeschöpft werden.

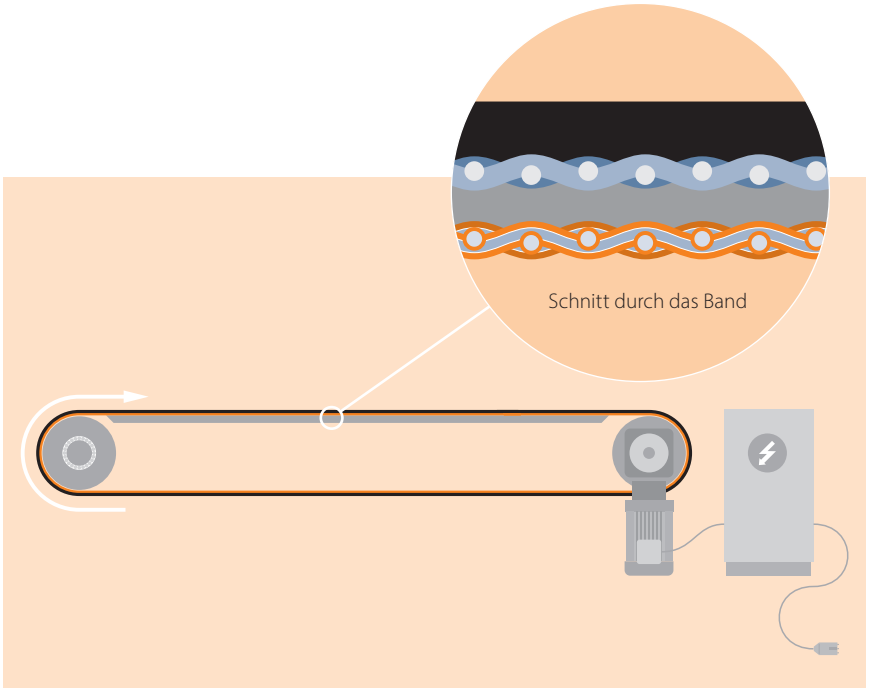
2 Transportbänder mit reduzierten Reibungskoeffizienten

Die Forbo F&E beschäftigt sich seit langem mit der Entwicklung von Transportbandlaufseiten, die den Reibungskoeffizienten zu üblichen Gleittischmaterialien verringern und damit den Energieverbrauch der Förderanlage und die ggf. resultierenden CO_2-Emissionen minimieren.

Mit den Amp Miser-Transportbändern verfügt Forbo heute über eine Reihe von Typen, die den gesetzten Entwicklungszielen entsprechen:

- konstante Verringerung des Reibungskoeffizienten über die gesamte Lebensdauer des Bandes
- tauglich für den Einsatz auf den üblichen Gleittischmaterialien Stahl, verzinktem Stahl und Holz
- hohe Energieeinsparung
- hohe Widerstandsfähigkeit gegen chemische Einflüsse wie z. B. Kerosindämpfe
- hohe Bandlebensdauer

Durch die Ausrüstung des Laufseitengewebes mit dem patentierten Texglide entsteht bei den Amp Miser-Typen eine Gleitschicht, die dauerhaft wie ein trockenes Schmiermittel wirkt und dadurch den Energiebedarf minimiert.



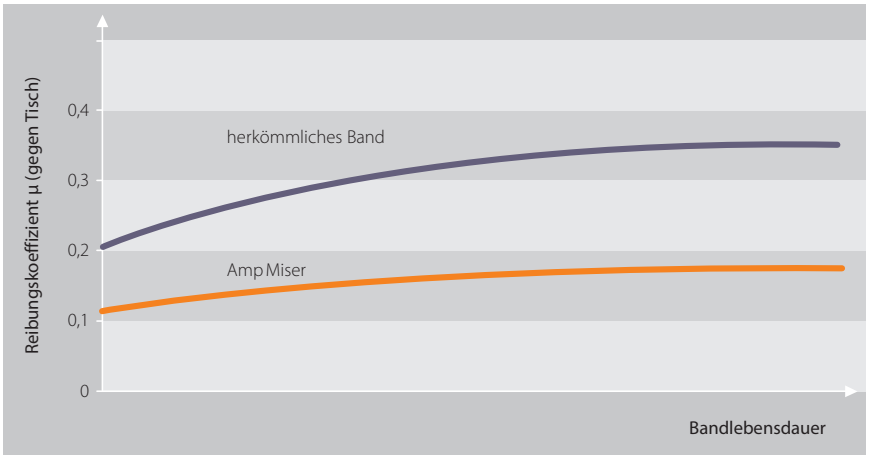
Patentierte
Texglide-Ausrüstung

ENERGIE SPAREN
BEIM BETRIEB VON GEPÄCKFÖRDERANLAGEN

Maximale Energieeinsparungen durch den Einsatz von Amp Miser sind zu erwarten bei

- langen Förderern
- hoher Beladung (siehe unten stehende Grafik)
- hohen, konstanten Geschwindigkeiten
- Horizontaltransport

Amp Miser-Transportbänder zeigen ihre Vorteile deshalb dort am deutlichsten, wo kontinuierlich Fördergut transportiert wird und viele Bänder im Einsatz sind: auf Flughäfen und in Logistik- oder Verteilzentren.



Veränderung der Reibungskoeffizienten µ über die Bandlebensdauer (Prinzipdarstellung)

ENERGIE SPAREN
BEIM BETRIEB VON
GEPÄCKFÖRDERANLAGEN

Die Vorteile für Anlagenbetreiber

Allein durch den Wechsel von Bandtypen mit Standard-Laufseite auf Amp Miser-Bandtypen kann bei langen Förderstrecken und hohen Lasten ohne weitere Änderungen an der Förderanlage

- bis zu 45 % der Antriebsenergie eingespart werden
- der Durchsatz bei erhöhter Bandgeschwindigkeit gesteigert werden
- das Stückgewicht erhöht werden

Das Einsparpotenzial kann unter www.ampmiser.com online berechnet werden.

Link zur Online-Berechnung des Einsparpotenzials

Die Vorteile für OEMS

Der Nutzen für OEMs liegt in geringeren Systemkosten durch Konstruktionsänderungen. Amp Miser-Bänder, die den Tischreibwert um 50 % verringern, erlauben folgende konstruktive Änderungen:

- kleinere Motoren bei gleicher Länge des Förderbandes
- längere Förderbänder bei gleicher Antriebsleistung:
  Durch die Verwendung von einem langen statt zwei kurzen Förderbändern kann die Anzahl der Motoren im System reduziert werden
- höhere Beladung bei gleicher Antriebsleistung

Patente und Zertifizierungen

In der EU, den USA und weiteren Industrieländern ist Amp Miser patentrechtlich geschützt.

Die Eigenschaften von Amp Miser wurden vom TÜV-Rheinland (unabhängiger Prüfdienstleister) bei einer Reihe exemplarisch ausgewählter Bandtypen getestet. Die Korrektheit des Online-Rechners unter www.ampmiser.com, die absoluten CO_2-Einsparungen sowie das Einsparpotenzial wurden dabei bestätigt und zertifiziert.



Zertifikat **Energie- und CO_2-Einsparung durch Einsatz von Amp Miser™ 2.0-Bändern**

Zusatzerklärung: Der Online-Kalkulator der Forbo Siegling GmbH dient einer theoretischen realitätsnahen Abschätzung der Einsparmöglichkeiten und stellt kein verbindliches Ergebnis dar.

Registrier-Nr. **268660063**

Zertifikatsinhaber **Forbo Siegling GmbH**
Lilienthalstraße 6/8
30179 Hannover

TÜV Rheinland bestätigt, dass **Amp Miser™ 2.0 Energiesparende Transportbänder** der Forbo Siegling GmbH eine deutliche Energie- und CO_2-Einsparung im Vergleich mit üblichen Standard-Transportbändern im normalen Betrieb realisieren können. Es wird gleichfalls bestätigt, dass der im Internet verfügbare Online-Kalkulator der Forbo Siegling GmbH ein theoretisches Einsparpotential hinsichtlich Kosten, benötigter kWh und CO_2-Einsparung gegenüber einem Standardband berechnet. Das Ergebnis ist für eine realitätsnahe Abschätzung unter Berücksichtigung von Randbedingungen anwendbar.

Die Validierung der Reibwerte wurden durch einen vergleichenden Labortest mittels Standardbändern und 6 Bandtypen **Amp Miser™ 2.0** über einen definierten Zeitraum unter permanenter Belastung nachgewiesen und verifiziert: E 10/2 TX0/V5H MT-AMP; E 10/2 TX0/V15 LG-AMP; E 10/2 TX0/V5H MT-SE-AMP; E 10/2 TX0/V15 LG-SE-AMP; RE 10/2 TX0/V5H MT-SE-AMP; RE 10/2 TX0/V15 LG-SE-AMP; Ausführung jeweils in Schwarz. Die Verifizierung der Reibwerte, des Berechnungsverfahrens und des Online-Kalkulators wurde im Zeitraum 22.08.2022 - 13.02.2023 anhand verschiedener realitätsnaher Szenarien durchgeführt.

Die zugrunde gelegte Formel des Online-Kalkulators geht von einer üblichen Horizontalförderung aus. Die jeweilige Qualität, die Auslegung und der Wartungszustand aller mechanischen und elektrischen Komponenten einer realen Anlage beeinflusst den Gesamtenergiebedarf. Das angezeigte Ergebnis ist insofern unverbindlich.

Eingesetztes System: Labortest Prüfstand Forbo Siegling GmbH;
EXCEL-basierte Berechnung mit nachgewiesenen Reibwerten;
Softwarestand vom 13.02.2023; https://www.forbo.com/movement/de-de/etools/berechnungsprogramme/amp-miser#m-rechner/pa3q2f

Prüfgrundlagen: Vergleichende Labortests mittels Standardbändern und 6 verschiedenen Bändern **Amp Miser™ 2.0** über einen Zeitraum von größer 200 h unter permanenter definierter Belastung;
Realitätsnahe Eingaben für verschiedenen Szenarien im Online-Kalkulator und in der zugrundeliegenden EXCEL-Tabelle.

Gültig ab: 01.03.2023

Gültig bis: Änderungen der Berechnungsgrundlage oder Technologie mit Einfluss auf den Zertifizierungsinhalt erfordern eine neue Zertifizierung.

Nürnberg, 01.03.2023 Kai Zitzmann
TÜV Rheinland Industrie Service GmbH, Tillystraße 2, D-90431 Nürnberg

www.tuv.com

TÜVRheinland®
Genau. Richtig.

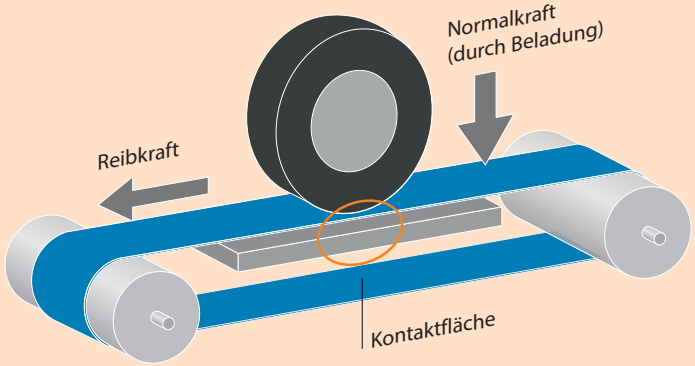
3 Labormessungen der dynamischen Reibung

Bei dynamischen Reibungsprüfungen im physikalischen Labor wurde die Reibung zwischen den Kontaktpartnern Bandlaufseite und Tisch geprüft.

3.1 Messaufbau

Hierbei wird das endlose Band mit einer konstanten Gewichtsvorspannung von 80 kg gespannt und mit einer konstanten Geschwindigkeit von 0,5 m/s angetrieben. Mit einer Beladung von 40 kg, simuliert durch einen sich drehenden Reifen, wird eine Normalkraft auf das Band eingebracht. Ein beweglicher Linearschlitten, auf dem das Tischmaterial fixiert ist, wird aufgrund der nun erzeugten Reibkraft zwischen Band und Tisch in Bewegung gebracht und drückt gegen die fixierte Kraftmesszelle. Diese Reibkraft wird messtechnisch über einen Zeitraum von mindestens 300 h aufgezeichnet. In der Kontaktfläche unter dem Tischmaterial ist ein Thermoelement untergebracht, welches die Temperatur in der Kontaktfläche aufzeichnet und überwacht. Die sich einstellende Kontaktfläche hat eine Größe von circa 4 x 7 cm (28 cm^2).

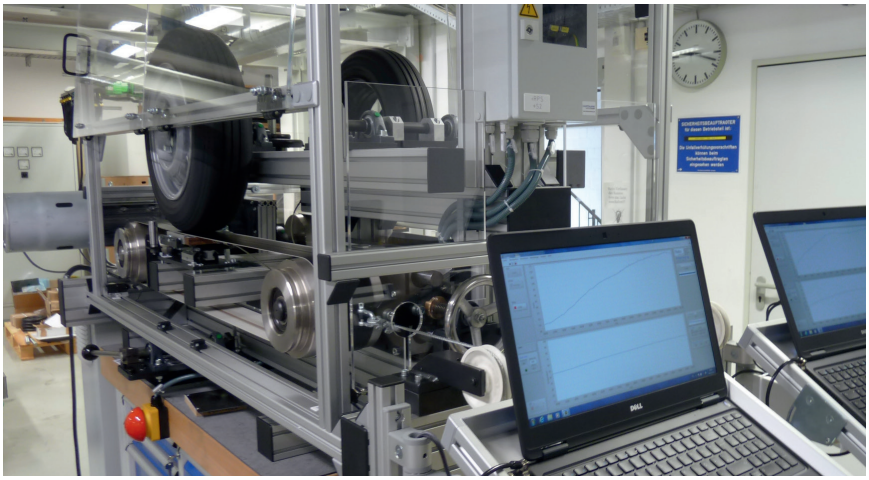
Prinzipskizze der dynamischen Reibungsprüfung im anwendungstechnischen Labor bei Forbo



Prüfparameter

Abmessungen Prüfband:	3000 x 100 mm
Bandlaufgeschwindigkeit:	0,5 m/s
Beladung/Vertikalkraft:	40 kg
Bandvorspannkraft:	80 kg
Prüfdauer:	min. 300 h
Tischmaterial:	Stahl oder verzinkter Stahl
Flächenpressung:	4 x 7 cm = 28 cm^2 ≙ 1,43 kg/cm^2

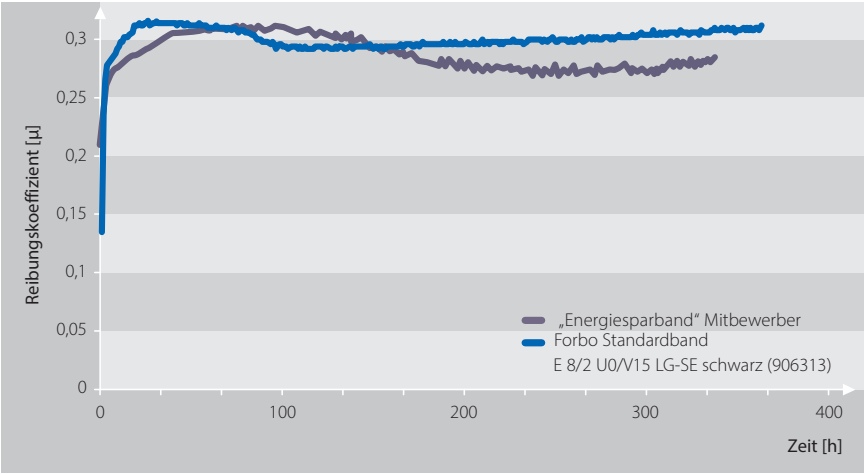
Die Parameter sind bei dieser Dauerprüfung so gewählt, dass eine nicht zu hohe Temperatur im Kontaktbereich erzeugt wird. Durch die hohe Flächenpressung wird trotzdem ein Zeitraffereffekt erzeugt, der einen deutlich längeren Zeitraum simuliert.



3.2 Messergebnisse im direkten Vergleich

Unter den beschriebenen Prüfbedingungen weisen Forbo Standardbänder ähnliche Reibungskoeffizienten auf wie „Energiesparbänder" eines Mitbewerbers. Durch den Einsatz von AmpMiser-Bändern wird der Reibungskoeffizient gegenüber den genanntene Bandtypen um über 50 % reduziert.

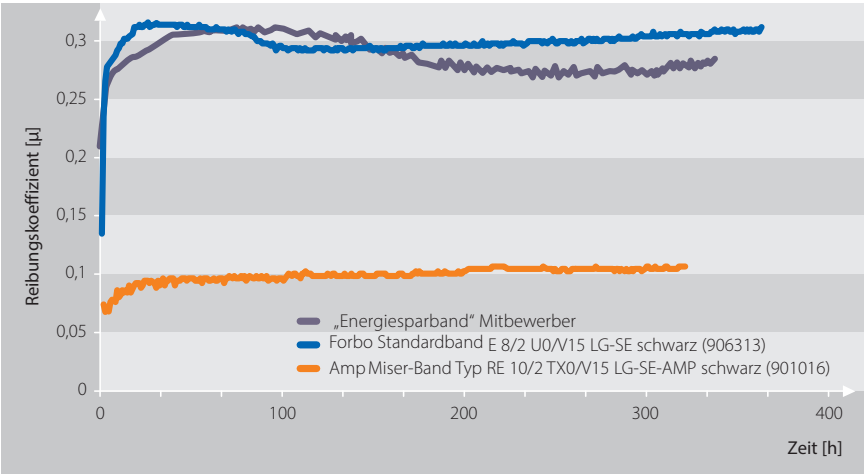
3.2.1 Forbo Standardband vs. Mitbewerber-„Energiesparband"



Vergleich des „Energiesparbandes" eines Mitbewerbers und dem Forbo Standardband E 8/2 U0/V15 LG-SE.

Tischmaterial:	Zink
Bandgeschwindigkeit v:	0,5 m/s
Vorspannkraft auf die Spannrolle:	800 N
Normalkraft:	400 N
Transportband-Maße:	3000 mm x 100 mm

3.2.2 Amp Miser vs. Mitbewerber-„Energiesparband" und Forbo Standardband



Vergleich des „Energiesparbandes" eines Mitbewerbers mit dem Forbo Standardband und dem Amp Miser-Typ RE 10/2 TX0/V15 LG-SE-AMP.

Tischmaterial:	Zink
Bandgeschwindigkeit v:	0,5 m/s
Vorspannkraft auf die Spannrolle:	800 N
Normalkraft:	400 N
Transportband-Maße:	3000 mm x 100 mm

4 Feldmessungen mit reibungsreduzierten Bändern

Für eine Verifikation der dynamischen Reibungsmessungen im Labor begann Forbo Siegling bereits 2012 mit Leistungsmessungen an Förderbandanlagen im Bereich der Gepäckförderung an Flughäfen. Hierbei wurde jeweils über längere Zeit die elektrische Wirkleistung der Bandantriebe aufgezeichnet und ausgewertet.

4.1 Planung der Messungen

In Zusammenarbeit mit den Betreibern von Gepäckförderanlagen wurden Bandförderer ausgewählt, die sich durch hohe und gleichmäßige Beladung mit relativ geringen Schwachlast- und Leerlaufphasen auszeichneten.
Bei Anlagen mit hintereinanderliegenden, identischen Förderern wurde auf einem der beiden ein Amp Miser-Band neu installiert und im Anschluss gleichzeitig gemessen. In den anderen Fällen wurde nur eine Anlage ausgewählt, deren Antriebsleistung zunächst über mindestens eine Woche mit dem aufliegenden Standard-Band gemessen wurde. Nach dem Bandtausch auf ein Amp Miser-Band wurde dann über einen langen Zeitraum die Antriebsleistung aufgezeichnet. Anhand der maximal abgeforderten Leistung der Antriebe lassen sich beide Bandinstallationen gut vergleichen, ohne die durchschnittliche Bandbeladung beurteilen zu müssen.
Die Langzeitwirkung wird durch Vergleichsmessungen bestätigt. Es gibt Anlagen, die schon mehrere Jahre mit Amp Miser-Bändern ausgestattet sind und immer wieder überprüft werden.

4.2 Durchführung der Messungen

Grundsätzlich wurde direkt an den Drehstrom-Motoren die elektrische Wirkleistung aller drei Stromphasen aufzeichnet. Eine solche Messung hat mehrere Vorteile:

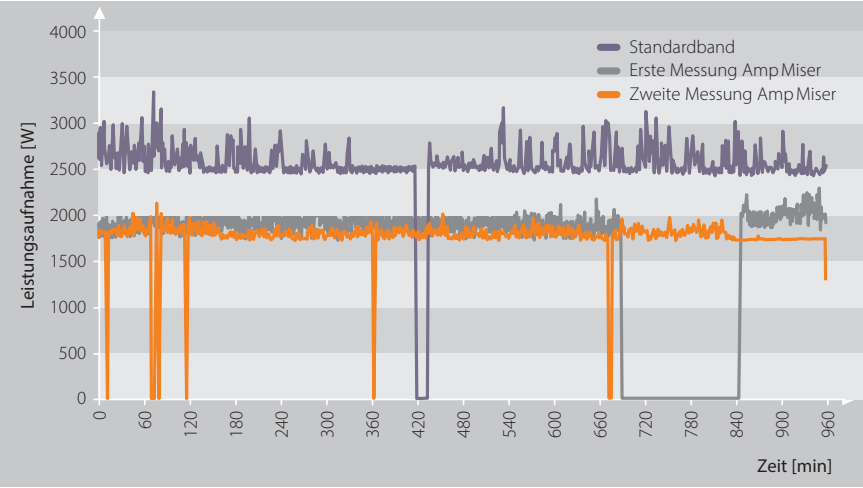
- Verluste in den Umrichtern beeinflussen das Messergebnis nicht,
- unsymmetrische Netzbelastung wird erfasst,
- Leistungsfaktor cos φ der Motoren wird berücksichtigt.

Somit enthält die Messgröße „Wirkleistung" zusätzlich noch die mechanischen Verluste im Getriebemotor und in den Umlenkrollen der Anlage, die im Rahmen des Vergleichs als konstant angesetzt werden, da auch die Bandvorspannkräfte nicht verändert wurden. Grundsätzliche Änderungen der Wirkleistung können deshalb nach Austausch eines Bandes direkt auf den veränderten Tischreibwert zurückgeführt werden.

4.3 Messergebnisse

Bei Messungen vor Ort zeigt sich bei längerer Betriebszeit mit voller Beladung ein eindeutiger Unterschied zwischen dem alten Standard-Band und einem Amp Miser-Band: die Leistungsaufnahme im beladenen Zustand reduziert sich um bis zu 44 %.

ENERGIE SPAREN
BEIM BETRIEB VON GEPÄCKFÖRDERANLAGEN



Energieersparnisse Feldmessung Yodel (UK)
Vergleich eines Standard Transportbandes mit Amp Miser-Typ E 10/2 TX0/V5H MT schwarz (906807)

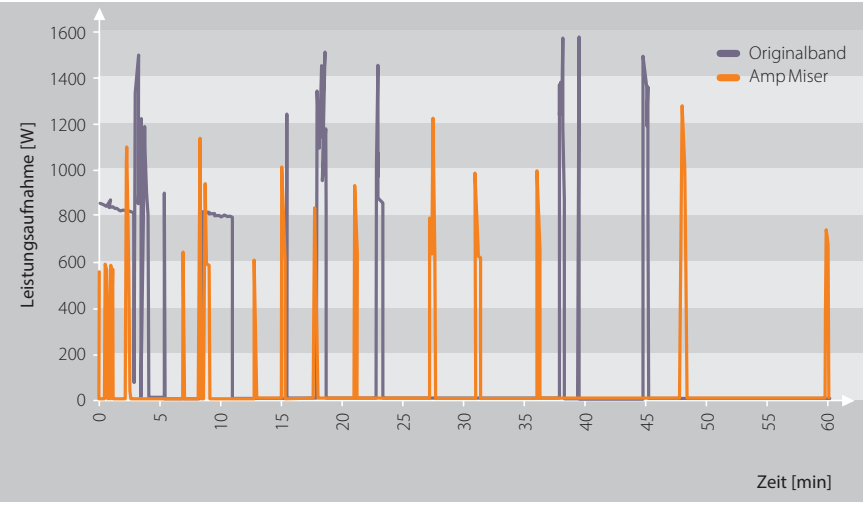
Messdauer: 16 h

Durchschnittliche Leistungsaufnahme

Standardband: 2736 W

Erste Messung Amp Miser-Band: 1987 W
Energieeinsparung = 27,4 %

Zweite Messung Amp Miser-Band: 1794 W
Energieeinsparung = 34,0 %



Energieersparnisse Feldmessung Flughafen Madrid (ES)
Vergleich eines Standard Transportbandes mit Amp Miser-Typ E 10/2 TX0/V15 LG-SE-AMP schwarz (906673)

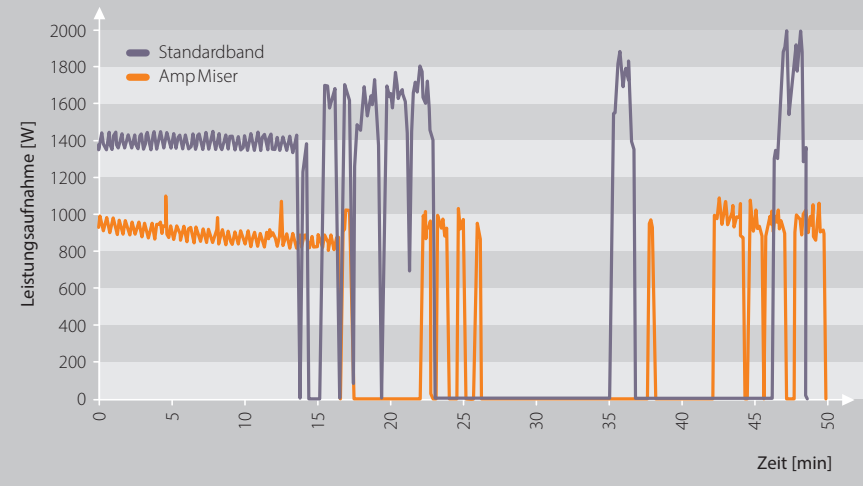
Messdauer: ca. 1 h
Achsabstand: 31,7 m (Schrägförderer)

Durchschnittliche Leistungsaufnahme

Original-Band: leer 820 W
beladen 1195 W

Amp Miser-Band: leer 572 W
beladen 785 W

Energieeinsparung: leer 30,2 %
beladen 34,4 %



Energieersparnisse Feldmessung Flughafen Schiphol (NL)
Vergleich eines Standard Transportbandes mit Amp Miser-Typ E 10/2 TX0/V15 LG-SE-AMP schwarz (906673)

Messdauer: 50 min

Durchschnittliche Leistungsaufnahme

Standardband: leer 1394 W
beladen 1684 W

Amp Miser-Band: leer 854 W
beladen 941 W

Energieeinsparung: leer 39 %
beladen 44 %

5 Amortisation

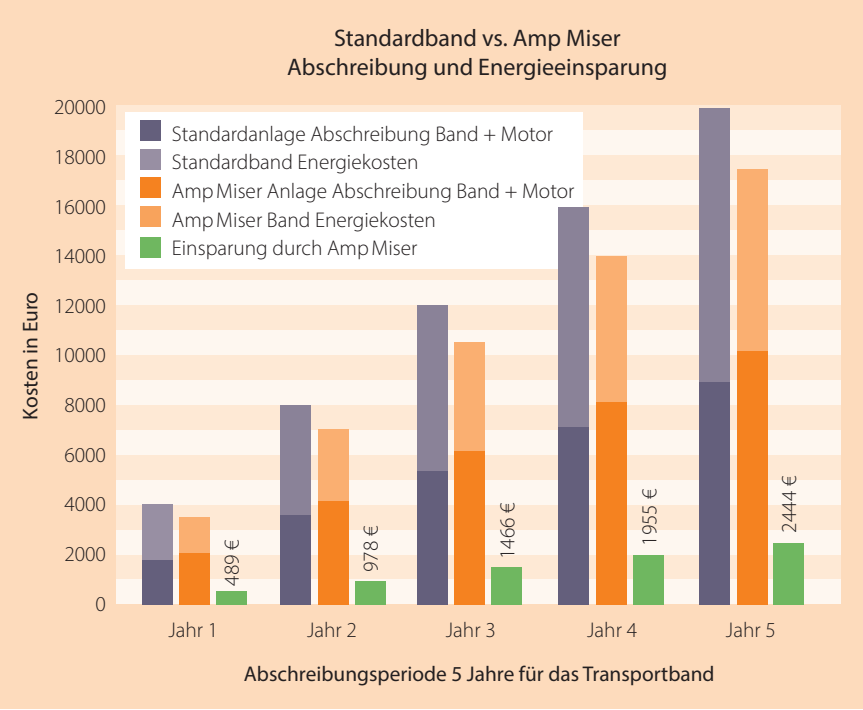
Bei einer Investition in reibungsreduzierte Bänder wird oft die Frage gestellt, welcher Kostenvorteil sich für den Betreiber ergibt. Trotz des geringfügig höheren Preises für diese Bandtypen führen die geringeren Ausgaben für Elektro-Energie in den meisten Fällen zu einer Ersparnis.

Für eine einfache Kostenrechnung betrachten wir folgende Einflussgrößen:

Kostenanteil	Annahme für die Berechnung	Kommentar
Kosten Elektro-Energie	0,22 €/kWh	Strompreis Großverbraucher 2023
Betriebszeit Volllast	2000 h	d.h. ca. 8 h pro Arbeitstag bei 250 Arbeitstagen
Beispielrechnung Förderband	6260 € Standardband 7641 € Amp Miser-Band	22 % Mehrkosten für Amp Miser-Band
Abschreibungszeit Förderband	5 Jahre	

Anlagendaten

Förderlänge:	20 m
Bandbreite:	1 m
Streckenlast:	45 kg/m
Antriebswirkungsgrad:	0,8



Es ergibt sich für die modellierte Anlage über den Abschreibungszeitraum des Bandes eine Kostenersparnis von 2444,-€. Diese beispielhafte Berechnung dient nur der Illustration. Für die detaillierte Betrachtung Ihres Einsatzfalles steht bei Forbo ein entsprechendes Berechnungswerkzeug zur Verfügung.

6 Fazit

Mit einer guten Auslegung der einzelnen Anlagenkomponenten, dem Einsatz von Motoren, Getrieben und Frequenzumrichtern mit hohen Wirkungsgraden sowie vorbeugender Instandhaltung kann der Energiebedarf von Förderanlagen reduziert werden.

Das größte Potenzial bietet der Einsatz von Transportbändern mit reduzierten Reibungskoeffizienten zu den üblichen Gleittischmaterialien Stahl, verzinktem Stahl und Holz. Sowohl Laboruntersuchungen als auch Feldmessungen beweisen hier außerordentliche Einsparungen. Der Reibungskoeffizient wird beim Einsatz der Amp Miser-Typen von Forbo bis zu 50 % reduziert. Daraus resultiert ein über 40 % verringerter Energiebedarf, wenn die Auslastung der Anlage und der Wirkungsgrad der Antriebe entsprechend hoch ist (dazu gehört neben einer hohen Förderlast in der Nähe der Nennlast auch die Vermeidung von langen Leerlaufzeiten).

Erfahrungswerte und Beispielrechnungen zeigen, dass sich die Mehrkosten für Amp Miser-Bänder durch die eingesparten Energiekosten sehr schnell amortisieren. In Gepäckförderanlagen addieren sich die Einsparungen der Einzelförderer zu erheblichen Summen. In gleichem Maß werden von den Anlagenbetreibern CO_2-Emissionen eingespart und die eigene Nachhaltigkeitsleistung verbessert.

Siegling – total belting solutions

Forbo
MOVEMENT SYSTEMS