



GERÄUSCHEMISSIONEN BEIM BANDBETRIEB

Zusammenfassung	2
1 Was ist ein Geräusch?	3
2 Generelle Einflussfaktoren auf die Geräuschemission von Förderanlagen	4
3 Geräuschemission von Transportbändern	5
4 Geräuschmessung bei Forbo	8
5 Messergebnisse	12
6 Fazit	16

Zusammenfassung

International schreiben Gesetzgeber die Einhaltung bestimmter Grenzwerte in Arbeitsräumen und auch öffentlichen Bereichen vor. Auch Anlagenhersteller haben ein großes Interesse an Komponenten, die möglichst wenig Lärm verursachen (z. B. Laufbandanlagen, Förderbandanlagen, etc.). Das Thema „Geräuschemission“ gewinnt daher eine immer größere Bedeutung, die in einer weltweit steigenden Nachfrage nach möglichst leisen Transportbändern mündet.

Um zu beurteilen, welcher Bandtyp für eine bestimmte Anlage oder Maschine unter dem Aspekt der Geräuschemission am besten geeignet – also am leisesten ist – taugen die Messverfahren nach DIN und OSHA leider nicht, da sie immer eine Anlage als Ganzes bewerten und nicht die einzelnen Komponenten – wie z. B. das Band. Forbo Movement Systems hat daher einen eigenen Prüfstandard entwickelt, bei dem die Geräuschemission eines Bandes (sowie anderer Anlagenkomponenten) jeweils isoliert erfasst und bewertet werden können.

Die folgenden Beschreibungen beziehen sich auf gewebebasierte, reibschlüssig angetriebene Transportbänder.

1 Was ist ein Geräusch?

Geräusch oder Schall sind Schwingungen mit Anteilen, die das menschliche Ohr wahrnehmen kann (20 – 16000 Hz).

Die Übertragung des Schalls kann über Luft und Gase (Luftschall), in Flüssigkeiten (Flüssigkeitsschall) oder über feste Medien erfolgen (Körperschall).

Geräusch eines Transportbandes

Bei Transportbändern erfolgt die Geräuschemission fast immer über Luftschall, d. h. über Druckwellen ausgehend von Luftdruckschwankungen.

Schalldruck

Die bei diesen Druckwellen messbare Abweichung von statischem (atmosphärischem) Druck wird als Schalldruck bezeichnet. Dieser Schalldruck ist über Mikrofone bzw. Druckaufnehmer messbar, jedoch handelt es sich bei den Messergebnissen um Zahlen, die mehr als sechs Zehnerpotenzen umfassen.

Schalldruckpegel

Deshalb gibt man, um zu kleineren Zahlenwerten zu kommen, nicht die absoluten Druckwerte, sondern den relativen Schalldruckpegel in Dezibel (dB) an. Dieser wird über einen international festgelegten Bezugswert aus dem Schalldruck errechnet und logarithmisch über die Frequenz aufgetragen. Das menschliche Ohr jedoch hört nicht objektiv, empfindet also gleiche Schalldruckpegel bei unterschiedlichen Frequenzen nicht als gleich laut oder gleich unangenehm.

Bewerteter Schalldruckpegel

Daher gibt es sogenannte Bewertungskurven, die angeben, um wie viel ein „objektiver“, gemessener Schalldruck in dB korrigiert werden muss, um eine Angleichung an das natürliche Lautstärkeempfinden des Ohres zu erreichen. In der Praxis ist die Bewertung nach einer Kurve üblich, die der Frequenzempfindlichkeit des Gehöres bei normalen Umweltgeräuschen nahekommt (Kurve A). Der so bewertete Schalldruckpegel wird in dB(A) angegeben.

2 Generelle Einflussfaktoren auf die Geräuschemission von Förderanlagen

Der Schalldruckpegel einer Anlage wird nach DIN in einer Höhe von 1,6 m und mit 1 m seitlichen Abstand von der Anlage gemessen. Das heißt, er ist keine maschinen- oder maschinenteilspezifische Größe, sondern abhängig von vielfältigen Faktoren:

- Anlagentyp und -ausführung (Horizontal-, Schräg-, Knickförderer)
- Trommelausführung
- Art des Antriebs (Trommel- oder Flanschmotor)
- Lagerart und -belastung (Trommeldurchbiegung, Lagergeräusche)
- Bandunterstützung:
 - Tisch (Werkstoff, Dicke und Rauheit)
 - Tragrollen (Material, Beschichtung, Lage, Abstand, Winkel zur Laufrichtung)
 - Bandunterstützung durch feste Stangen
- Anzahl der Anlagen im Raum (Gesamtsystem)
- Raumgröße (Halligkeit)
- Raumbeschaffenheit (Reflexionsfähigkeit der Wände)
- Art und Ausführung des Transportbandes

Normen und rechtliche Grenzwerte im internationalen Vergleich

In der folgenden tabellarischen Übersicht sind die weltweiten Anforderungen an Arbeitsumgebungen hinsichtlich der maximal zugelassenen Schalldruckpegel zusammengefasst:

	Deutschland und Europa	USA	Asien (China)*
Ursprung der Vorgabe	Diverse gesetzliche bzw. arbeitsrechtliche Vorgaben	OSHA Key Player (UPS)	Key Player (DHL)
Zugelassener Grenzwert	< 70 dB(A) Tätigkeitskategorie 2 aus ArbStättV ASR A3.7 „Lärm“ < 70 dB(A) EG- Maschinenrichtlinie 2006/42/EG < 80 dB(A) nach DIN EN ISO 9612	< 85 dB(A) (OSHA) < 77 dB(A) (Key Player)	< 72 dB(A)
Entfernung zur Schallquelle	1,6 m Höhe und 1,0 m Abstand (EG- Maschinenrichtlinie 2006/42/EG)	– Messung am Körper (Schulter) eines Arbeiters in 1,6 m Höhe (OSHA) – 1,0 m von Geräuschquelle (Key Player)	1,5 m von der Schallquelle

* Anforderungen werden aktuell nur in China gestellt.

3 Geräuschemission von Transportbändern

Das Transportband ist also nur einer von vielen Faktoren, die Einfluss auf das Geräusch einer Transportanlage haben. Das bei laufenden Transportbändern entstehende Geräusch tritt meist in folgender Form auf:

- Gleitgeräusch der Laufseite über Tisch oder Tragseite gegen feststehende Trommel
- Abreißgeräusch der Tragseite über Trommel im Untertrum (d. h. Einschnür- oder Stütztrommel)
- Aufschlaggeräusch der quer zur Laufrichtung liegenden Gewebefäden gegen Trommeln
- Sonderfall: Schlaggeräusch mechanischer Verbinder

Einflussfaktoren der Geräuschemission

Folgende Eigenschaften beeinflussen das Gleit- oder Abtraggeräusch, sind also Variablen, wenn es darum geht, das Geräusch zu reduzieren:

- Laufseitengewebe (Bindungsart, Gewebekonstruktion, etc.)
- Dicke der Tragseitenbeschichtung
- Härte der Tragseitenbeschichtung
- Struktur der Tragseite
- Auflegedehnung
- Umschlingungswinkel
- Geschwindigkeit
- Winkel der quer zur Laufrichtung stehenden Gewebefäden

GERÄUSCHEMISSIONEN BEIM BANDBETRIEB

Einfluss der Laufseite des Transportbandes/Gewebebindungen

Für Transportbänder werden Gewebe mit vielen unterschiedlichen Bindungen eingesetzt, wie z.B. Leinwand oder Bindungen der Körperfamilie.

Leinwandbindung:

Bei der Leinwandbindung verlaufen die einzelnen Kettfäden abwechselnd oberhalb bzw. unterhalb eines Schussfadens, genauso wie die einzelnen Schussfäden abwechselnd oberhalb bzw. unterhalb eines Kettfadens verlaufen. Die Leinwandbindung stellt deshalb die engste Verflechtung von Kett- und Schussfäden dar.

Familie der Körperbindungen:

Bindungen der Körperfamilie entstehen durch die treppenartige Aneinanderreihung von Fadenverkreuzungen. Dadurch entstehen parallele, diagonale Linien in dem Gewebe (Körpergrat).

Der Körpergrat kann nach links geneigt, nach rechts geneigt, oder abwechselnd nach links und nach rechts geneigt verlaufen.

In den Bändern von Forbo Siegling werden fast ausschließlich Gewebe mit Körperbindung eingesetzt, die eine ausgewogene Mischung von nach links geneigtem und nach rechts geneigtem Körpergrat enthalten.

Kreuzkörperbindung:

Die Kreuzkörperbindung ist eine solche Bindung mit ausgewogener Körpergratrichtung.

Kreuzkörper 3/1 zeichnet sich zudem dadurch aus, dass die Kettfäden vornehmlich auf einer Gewebeseite verlaufen (Kettflottierung). Bei Geweben mit dieser Bindung entstehen so zwei stark unterschiedliche Seiten: Die Seite mit den Kettflottierungen fühlt sich in Längsrichtung glatt an, während sich die andere Seite in Längsrichtung rau anfühlt.

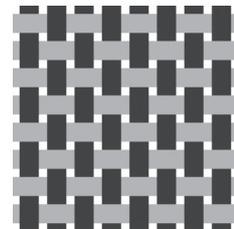
Wird ein solches Gewebe mit der glatten Seite nach unten in einem Förderband als unterste Gewebelage eingesetzt, kann dies zu einer Reduzierung der Laufgeräusche führen.

Dieser Vorteil eines Gewebe mit Kreuzkörper 3/1 als Bindung wirkt sich jedoch nachteilig auf die Biegeeignung des Gewebes aus.

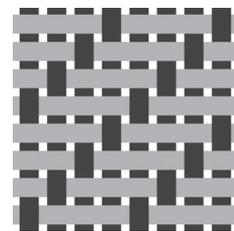
Die fehlende Scharnierwirkung (im Vergleich zur Leinwandbindung) bewirkt eine größere Biegesteifigkeit. Aus diesem Grund ist die Körperbindung nicht für Messerkantenbänder geeignet.

Spitzgratkörper/Spitzkörper:

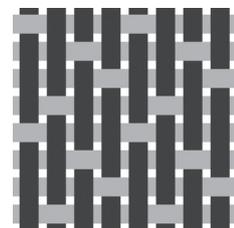
Auch der Spitzgratkörper (bzw. Spitzkörper) ist eine Bindung mit ausgewogener Körpergratrichtung und kann ebenfalls zu einer Geräuschreduzierung führen, wenn ein Gewebe mit Spitzgratkörperbindung mit der glatten Seite nach unten als unterste Gewebelage eingesetzt wird.



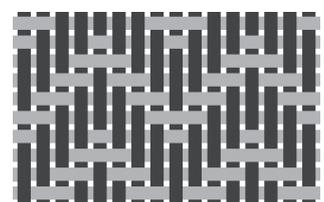
Skizze: Leinwandbindung



Skizze: Körper;
Körpergrat nach rechts geneigt



Skizze: Kreuzkörper 3/1;
Körpergrat abwechselnd nach
rechts/nach links geneigt



Skizze: Spitzgratkörper;
Körpergrat abwechselnd nach
rechts/nach links geneigt

GERÄUSCHEMISSIONEN BEIM BANDBETRIEB

Silent-Gewebe:

Auf der Basis von Gewebegrundbindungen sind bei Forbo zahlreiche komplexe Gewebekonstruktionen für unterschiedlichste Anwendungen entwickelt worden. Eines der Entwicklungsziele war die Verringerung des Laufgeräusches.

Untersuchungen auf dem Prüfstand ergaben, dass wesentliche Parameter der Geräuschentwicklung die Bindungsart und die Flauschigkeit des Gewebes sind. Mit den Ergebnissen zahlreicher Untersuchungsreihen wurde aus diesem Ansatz das Silent-Gewebe entwickelt.

Im Silent-Gewebe vereinen sich zwei unterschiedliche Aspekte eines Gewebes, die beide zu einer Reduzierung von Laufgeräuschen führen.

Das Silent-Gewebe hat nicht nur eine Spitzgratkörperbindung, sondern seine Kettfäden bestehen darüber hinaus aus Stapelfasergarn, das aufgrund seiner Flauschigkeit ebenfalls zur Geräuschreduzierung beiträgt.



Mikroskopaufnahme eines Stapelfasergarns

Einfluss der Tragseite des Transportbandes

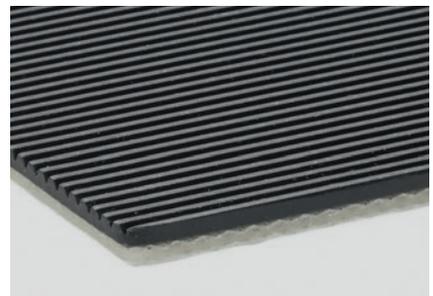
Geräuschemission der Tragseite eines Transportbandes entsteht durch „Auflaufen“ und „Abreißen“ der Tragseitenbeschichtung auf den Einschnür- und Umlenktrommeln oder Stützrollen im Untertrum.

Für das Transportband selbst gibt es vornehmlich folgende Einflussgrößen:

- Struktur der Tragseitenbeschichtung
- Härte der Beschichtung
- Dicke der Beschichtung

Der größte Einflussfaktor ist die Art der Struktur, d. h. wünschenswert ist eine durchgehende Struktur, so dass ein „Abreißen“ an der Trommel vermieden oder vermindert wird.

Beste Geräuschwerte ergibt aus diesem Grund die so genannte „LG-Struktur“ (Längsrille). Die durchgehenden Stege verhindern ein echtes Abreißgeräusch.



Transportband mit LG-Struktur:
Transilon E 8/2 U0/V15 LG schwarz

4 Geräuschmessung bei Forbo

Um die Geräuschemission von Transportbändern verringern zu können, werden bei Forbo Movement Systems seit vielen Jahren Geräuschmessungen nach internen Normen durchgeführt. Forbo verfügt dafür über einen speziellen Akustikraum zur Durchführung von vergleichenden Geräuschmessungen. In diesem Raum ist eine Anlage aufgestellt, mit der alle Bandtypen auf unterschiedlichen Rollen- oder Tischausführungen getestet werden können. Die emittierten Geräusche können nicht nur nach ihrem Schalldruckpegel bewertet werden, sondern z. B. durch eine Frequenzbandanalyse noch detaillierter ausgewertet werden.

Das Besondere an diesem Geräuschprüfstand ist, dass Motor- und Umgebungsgeräusche über eine Kapselung ausgeschaltet werden. Außerdem wurde bei der Konstruktion darauf geachtet, dass Trommel- und Lagergeräusche minimiert wurden. Das Ziel dieser Messmethode unterscheidet sich also deutlich von dem Ziel der DIN und der OSHA. Dort soll die Geräuschemission eines gesamten Förderers/einer Anlage erfasst werden. Auf dem Forbo Prüfstand sollen hingegen die Laufgeräusche des Bandes bzw. einzelner weiterer Anlagenkomponenten möglichst gut „extrahiert“ werden. Dadurch werden sowohl Bänder als auch weitere Anlagenkomponenten untereinander vergleichbar in Bezug auf ihren Beitrag zur gesamten Geräuschemission eines Förderers.

Nach aktueller Forbo-Norm wird ein Gesamtgeräusch* unter folgenden Bedingungen ermittelt (siehe auch Abbildung auf der Folgeseite):

	Aktuelle Forbo-Norm (SN1008.20.2)
Bandlauf Obertrum	Laufseite des Bandes (normalerweise die Gewebeseite) mit Kontakt zur Abtragung
Bandlauf Untertrum	Tragseite des Bandes (meistens beschichtete Seite) mit Lauf über Unterstützungsrolle (Rolle auf das maximal erzeugende Geräusch eingestellt)
Bandgeschwindigkeit	0,8 m/s und 3 m/s (bei Hochgeschwindigkeitsanwendungen)
Positionierung Geräuschmessgerät	1 m seitlich zur Geräuschquelle



Akustikraum mit Geräuschprüfstand.

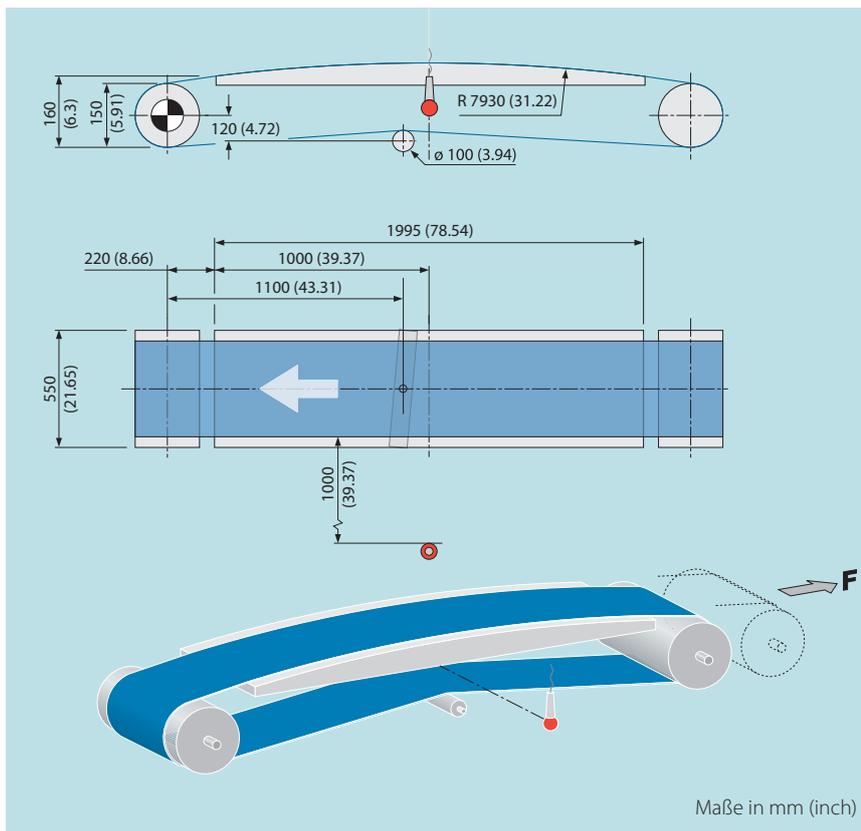
* Hier ist nicht das Gesamtgeräusch eines Förderers gemeint, sondern das Geräusch, das vom Transportband beim Lauf über den vollständigen Prüfstand erzeugt wird.

GERÄUSCHEMISSIONEN BEIM BANDBETRIEB

Der Prüfstand kann auch ohne Abtragung im Obertrum oder ohne Rücklaufrolle im Untertrum betrieben werden. Dadurch kann auch die Geräuschemission einzelner Komponenten (z. B. verschiedener Rücklaufrollen, Abtragungen usw.) verglichen werden (siehe auch Abbildungen auf der Folgeseite).

Die Geräuschmessungen auf dem Prüfstand sollen nur Tendenzen aufzeigen und als Hilfestellung bei der Auswahl des geeigneten Transportbandes und geeigneter weiterer Komponenten dienen.

Skizze des Prüfstandes nach Forbo-Norm (Messung des Gesamtgeräusches)



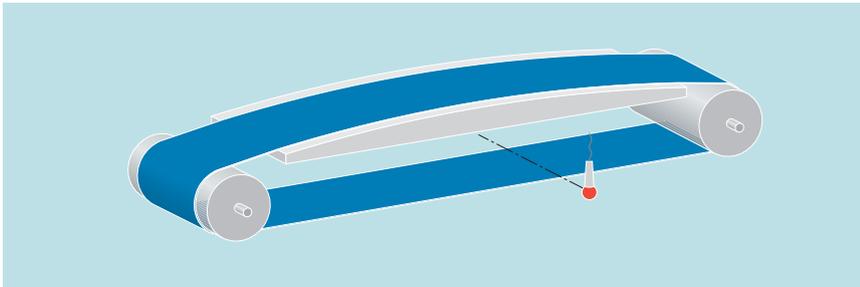
Bandlauf Obertrum über Tisch mit 0,8 m/s und 3 m/s (bei Hochgeschwindigkeitsanwendungen).

Bandlauf Untertrum über Rolle (Rolle auf maximale Geräuscherzeugung eingestellt) mit 0,8 m/s und 3 m/s (bei Hochgeschwindigkeitsanwendungen).

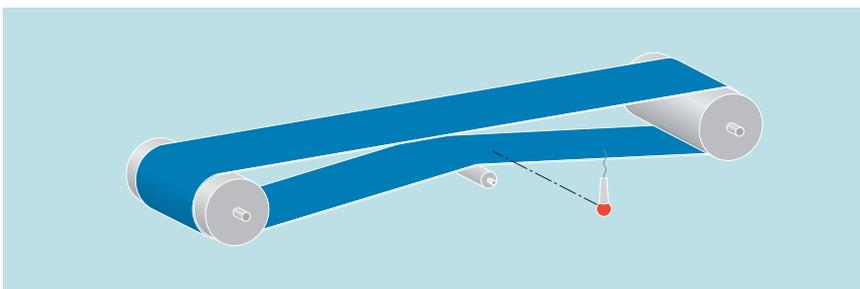
Die Vorspannkraft F ist konstant und wird mit einem 100 kg-Spanngewicht erzeugt.

GERÄUSCHEMISSIONEN BEIM BANDBETRIEB

Skizze des Prüfstandes nach Forbo-Norm (für Messungen im Obertrum)

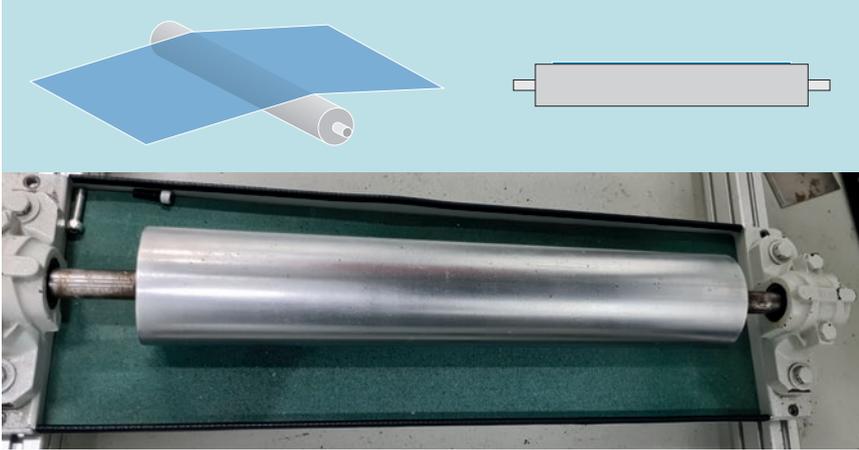


Skizze des Prüfstandes nach Forbo-Norm (für Messung an Rücklaufrollen)

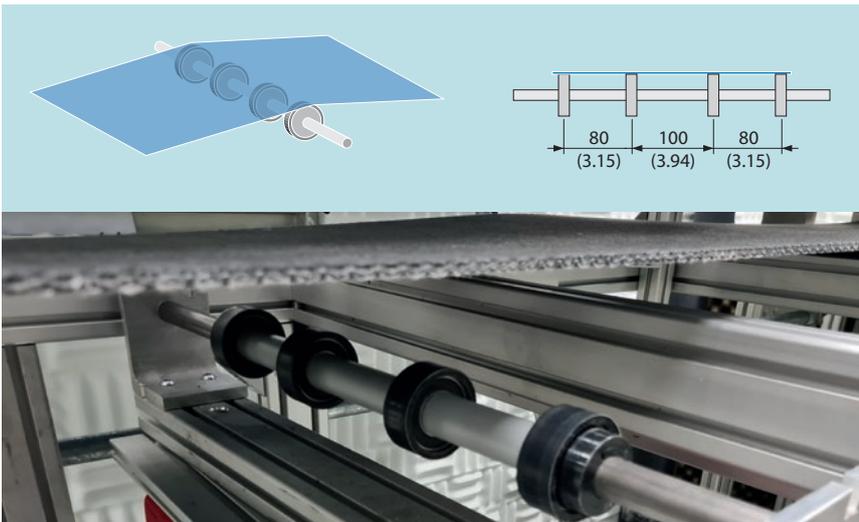


GERÄUSCHEMISSIONEN BEIM BANDBETRIEB

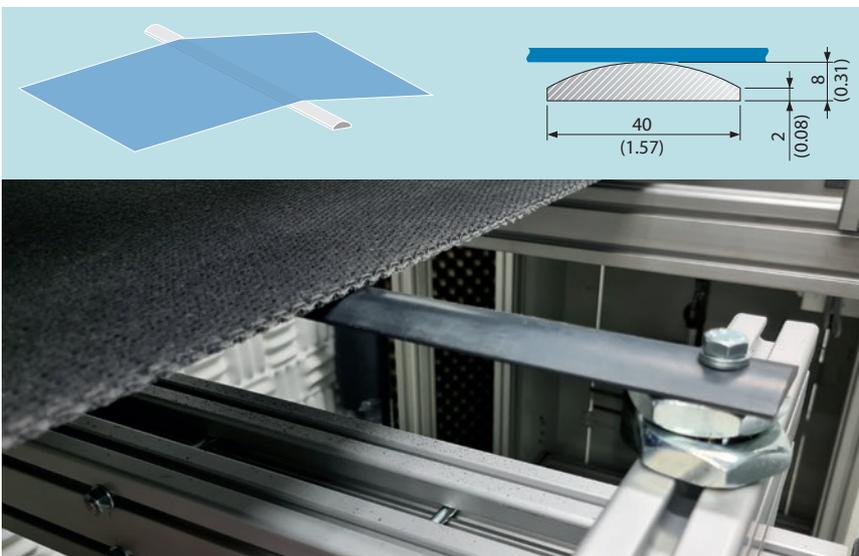
Tests verschiedener Bandunterstützungen im Untertrum



Standardtrommel



Bandunterstützung mit reduzierter Kontaktfläche (Kugellager aufgefädelt und mit PU beschichteter Ummantelung)



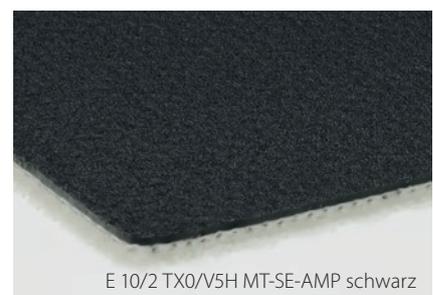
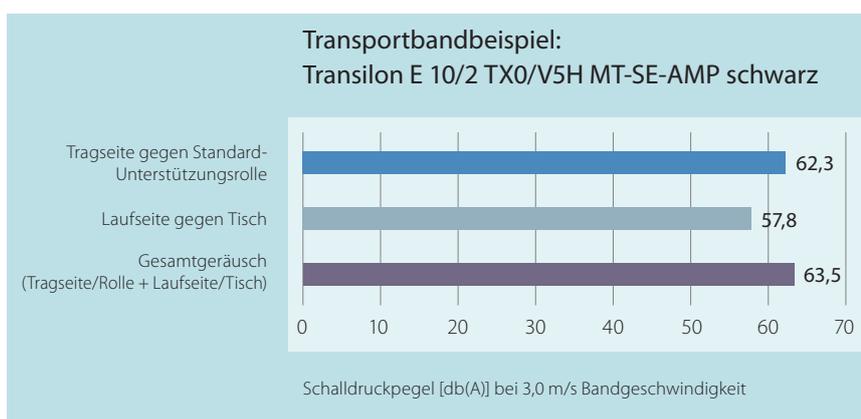
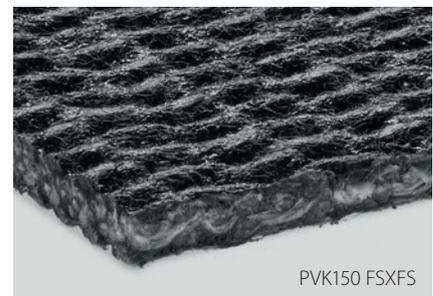
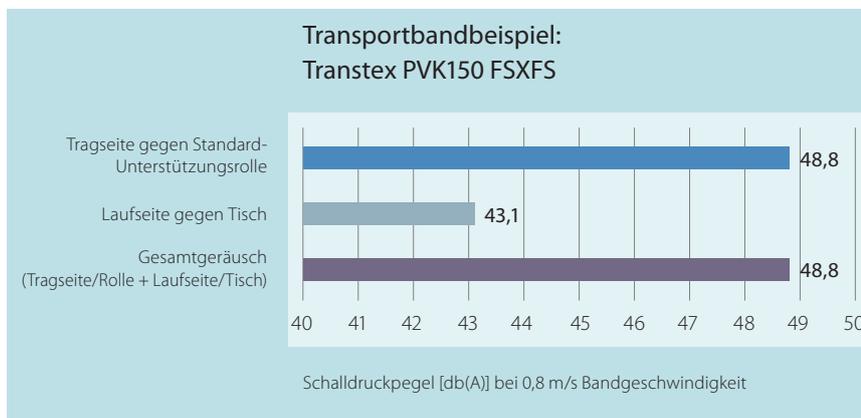
Metallstange mit Halbrundprofil

5 Messergebnisse

Bitte beachten Sie, dass es sich bei allen Werten in den folgenden Diagrammen um Ergebnisse von Prüfstandsmessungen handelt. Die gezeigten Schalldruckpegel wurden nach unserer internen Norm ermittelt. Das jeweilige Band läuft dabei im Obertrum mit seiner Laufseite auf einem Tisch und im Untertrum mit seiner Tragseite über eine Rolle bzw. andere Unterstützungen. Die absolute Lärmentwicklung auf einer realen Anlage kann von diesen Messungen abweichen.

Um die Prüfbedingungen an die realen Einsatzbedingungen anzupassen, wird mit verschiedenen Bandgeschwindigkeiten geprüft, die sich an den Einsatzbedingungen der Bandtypen orientieren.

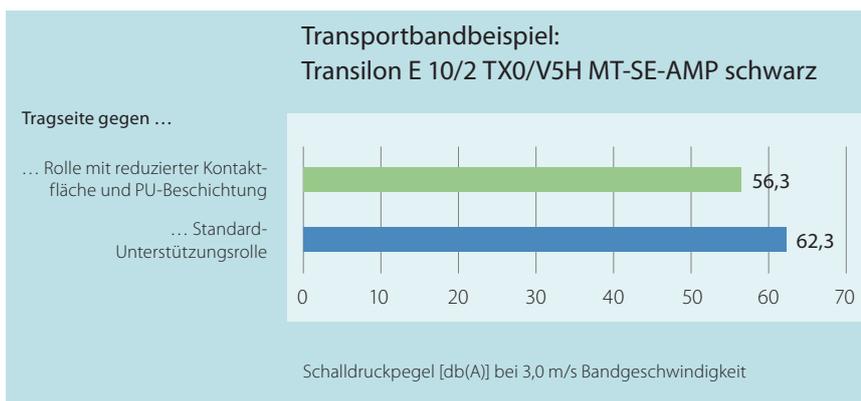
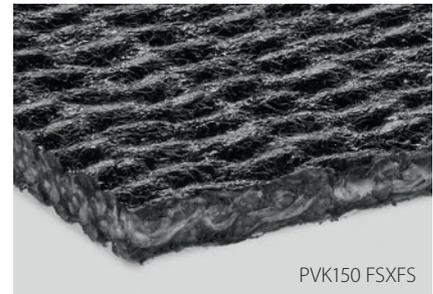
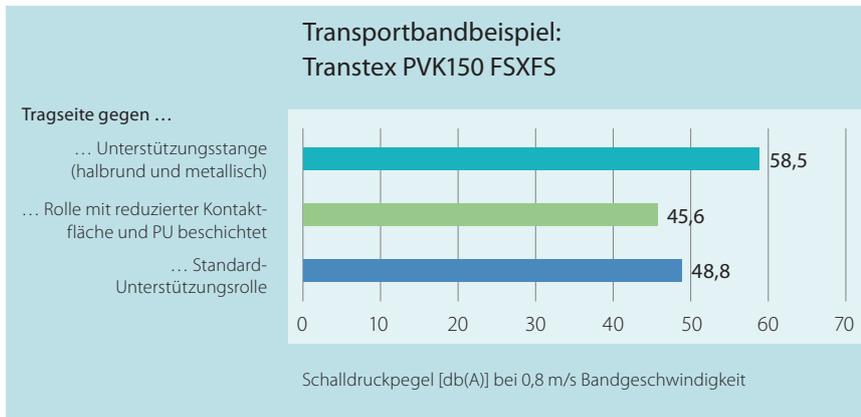
Vergleich von Einzelmessungen zum Gesamtgeräuschpegel



An diesen Messungen ist deutlich zu erkennen: Die Schalldruckpegel verschiedener Emittenten addieren sich nicht linear, weil der Schalldruckpegel eine logarithmisch skalierte Größe ist.

Das Gesamtgeräusch (Schalldruckpegel), das entsteht wenn ein Band gleichzeitig mit seiner Laufseite über einen Tisch und mit seiner Tragseite über Unterstützungsrollen läuft, wird hauptsächlich durch das lautere der beiden Einzelgeräusche (Schalldruckpegel) bestimmt und hat einen ähnlichen, leicht höheren Wert in dB(A). Das Gesamtgeräusch wird in diesen beiden Beispielen vom Lauf über die Unterstützungsrolle bestimmt.

Vergleich der Einzelgeräuschpegel bei verschiedenen Bandunterstützungen im Untertrum

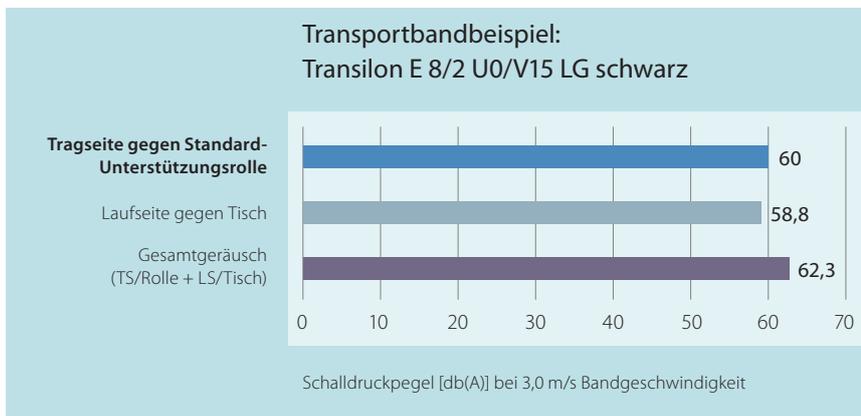


Nicht nur die Eigenschaften des Bandes selbst oder der Prüfung haben Einfluss auf den Schalldruckpegel, sondern auch die Art der Unterstützungsrollen im Untertrum, über die die Tragseite läuft.

Generell entsteht z. B. beim Kontakt der Tragseite mit der Unterstützungsrolle mit reduzierter Kontaktfläche und PU-Beschichtung ein niedrigerer Schalldruckpegel als beim Kontakt mit der Standard-Unterstützungsrolle.

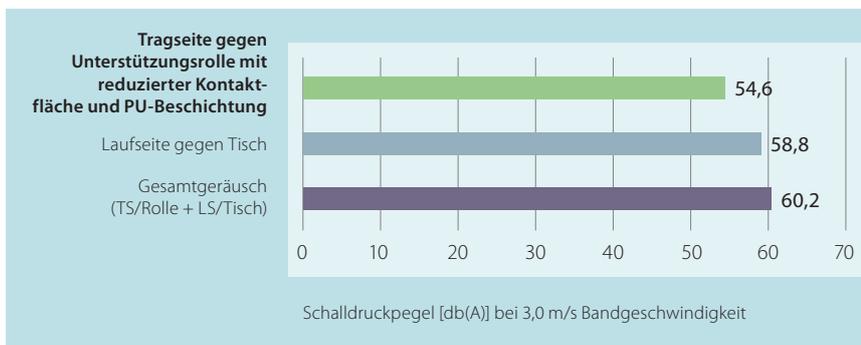
GERÄUSCHEMISSIONEN BEIM BANDBETRIEB

Vergleich der Gesamtgeräuschpegel bei verschiedenen Bandunterstützungen im Untertrum



Einsatz einer Standard-Unterstützungsrolle:

Beim Kontakt zwischen Tragseite und Standard-Unterstützungsrolle entsteht ein höherer Einzelwert als beim Kontakt zwischen Laufseite und Tisch. Der Schalldruckpegel des Gesamtgeräuschs ist in diesem Fall nur leicht höher als der Schalldruckpegel von Tragseite/Standard-Unterstützungsrolle. Eine Optimierung der Laufseite hätte in diesem Fall nur einen sehr geringen Einfluss auf das Gesamtgeräusch (Schalldruckpegel).

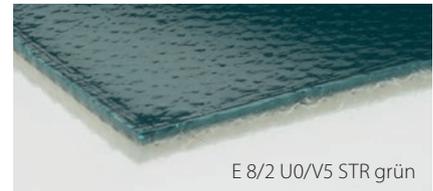


Einsatz einer Unterstuetzungsrolle mit reduzierter Kontaktflaeche und PU-Beschichtung:

Beim Kontakt zwischen Tragseite und Unterstuetzungsrolle mit reduzierter Kontaktflaeche und PU-Beschichtung entsteht ein niedrigerer Einzelwert als beim Kontakt zwischen Laufseite und Tisch. In diesem Fall wird die Groeoe des Gesamtgeraeschs (Schalldruckpegel) bestimmt vom Schalldruckpegel, der beim Kontakt zwischen Laufseite und Tisch entsteht. Eine Optimierung der Laufseite haette in diesem Fall einen Einfluss auf das Gesamtgeraesch (Schalldruckpegel).

GERÄUSCHEMISSIONEN BEIM BANDBETRIEB

Vergleich der Einzelgeräuschpegel im Obertrum (Laufseite gegen Tisch) bei verschiedenen Bandtypen



Abhängig von der Gewebefindung und der gesamten Bandkonstruktion zeigen die Einzelmessungen deutliche Unterschiede im erzeugten Schalldruckpegel.

Die gezeigten Werte des Schalldruckpegels wurden noch nach einer früheren internen Messnorm ermittelt (Mikrofon mit 20 cm Meßabstand über der Tragseite). Die Zahlenwerte sollten nur für die Beurteilung einer Rangfolge herangezogen werden.

6 Fazit

Geräuschmessungen an Förderbändern und weiteren Komponenten auf dem Prüfstand unterscheiden sich im Ziel und im Ergebnis deutlich von Messungen nach DIN und OSHA, die jeweils vollständige Förderer/Förderanlagen betrachten.

Prüfstandsmessungen machen Bänder und weitere Anlagenkomponenten sowohl untereinander vergleichbar als auch in Bezug auf ihren Beitrag zur gesamten Geräuschemission eines Förderers. Diese Erkenntnisse werden angesichts steigender Fördergeschwindigkeiten immer wichtiger und liefern wertvolle Erkenntnisse für die jeweils aktuellen Entwicklungsprojekte bei Forbo.

Für den Einsatz in geräuschsensiblen Bereichen stehen bereits eine Reihe von Bandtypen zur Verfügung, die sowohl im beim Lauf über den Gleittisch als auch im Untertrum einen besonders niedrigen Schallpegel erzeugen.

Wie die vorliegenden Messergebnisse nahelegen, wirkt sich deren geringe Geräuschemission nur dann mindernd auf den Gesamtgeräuschpegel des Förderers aus, wenn weitere Emittenten (Motoren, Antriebsketten, Lager usw.) keine deutlich höheren Schallpegel beitragen.

Für Messungen an Bandförderern vor Ort stehen bei Forbo mobile Geräuschmessgeräte zur Verfügung. Stimmen Sie sich bei Bedarf mit der Abteilung Anwendungstechnik bei Forbo Siegling Hannover ab.

GERÄUSCHEMISSIONEN BEIM BANDBETRIEB

Siegling – total belting solutions



MOVEMENT SYSTEMS