

Nanotechnische Füllstoffe und nanooptimierte Kautschuke/Kunststoffe für die Transportbandindustrie

Branchendialog NanoEngineering 8.12.09

L. Overmeyer

Motivation

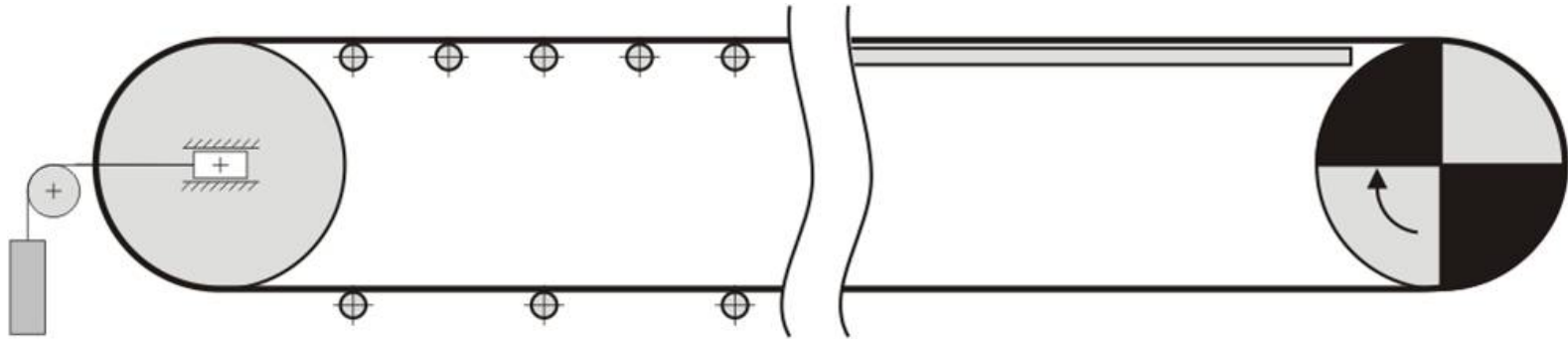
- **Entwicklung optimierter Fördergurtmaterialien:**
 - Reduzierter Energieverbrauch
 - Neue Geometrie (z.B. Längere Förderstrecken, veränderte Muldungsgrade)
 - Neue funktionale Gurtoberflächen (Lebensmitteltauglichkeit, verbesserte Ablöseigenschaften ...)
 - Höhere Fördergeschwindigkeiten
 - Erhöhte Lebensdauer
 - Transportbänder mit unterschiedlichen
 - Eigenschaften für jede anwendungsspezifische Lösung

- **Benchmark für Fördergurte:**
 - Eindrückrollwiderstand
 - Beaufschlagungsfestigkeit
 - Reibungsparameter
 - Verschleißbeständigkeit



Quelle: Transnorm System GmbH

Prinzipieller Aufbau eines Gurtförderers



...für den Schüttguttransport



Quelle: ContiTech Transportbandsysteme GmbH

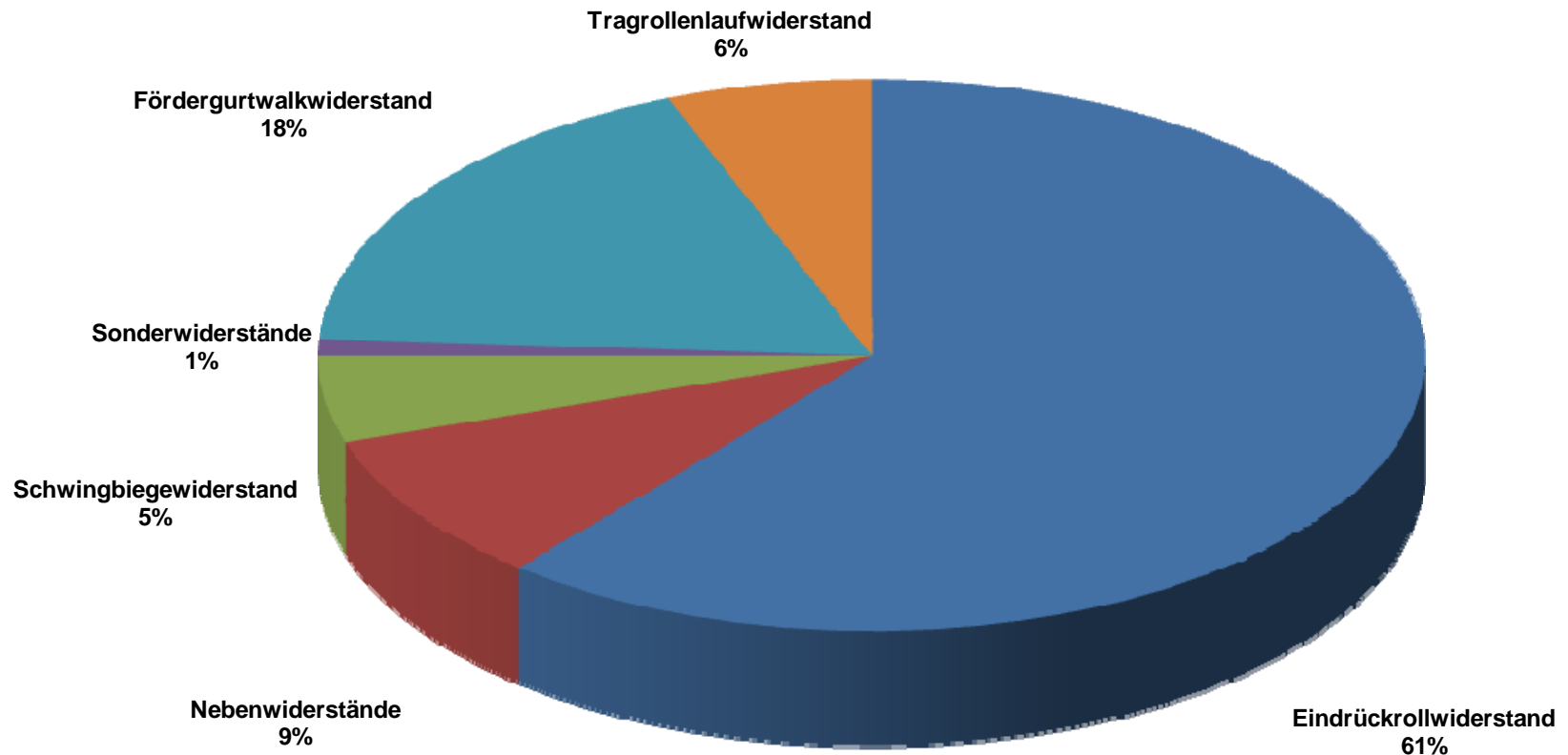
...in der Intralogistik



Quelle: Transnorm System GmbH

Bewegungswiderstand eines söhligen Gurtförderers:

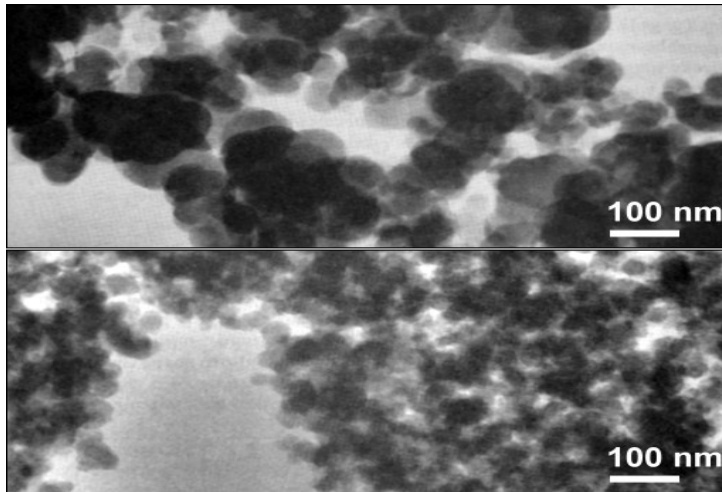
Bewegungswiderstände langer horizontal geführte Anlagen
(Anlagenlängen von ca. 1000 m)



Quelle: Dissertation Hintz, 1993

Nanoskalige Füllstoffsysteme

TEM-Aufnahme, Rußpartikel

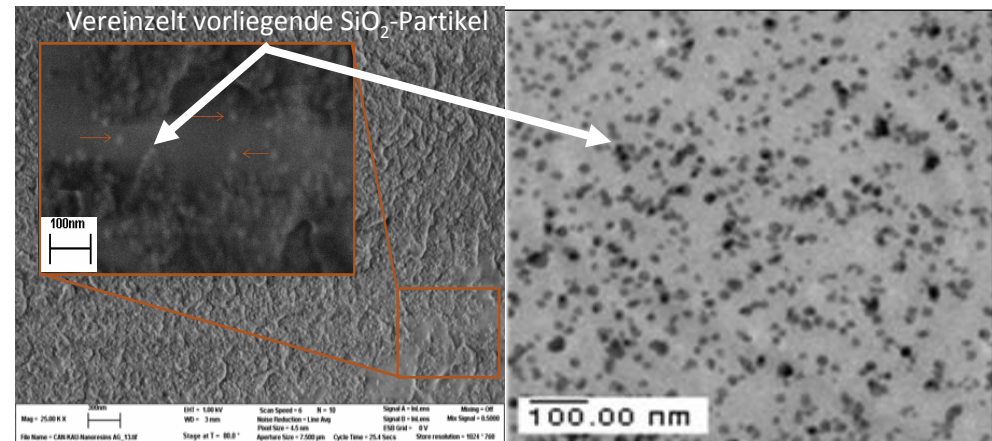


Quelle: ContiTech CBS GmbH

Ruß als Nanofüllstoff:

- Größe von 10 nm – 300 nm
- Ca. 15 % Rußanteil in Fördergurtmischungen

TEM – Aufnahmen einer gehärteten Polymerprobe dotiert mit 5 % SiO₂-Nanopartikeln



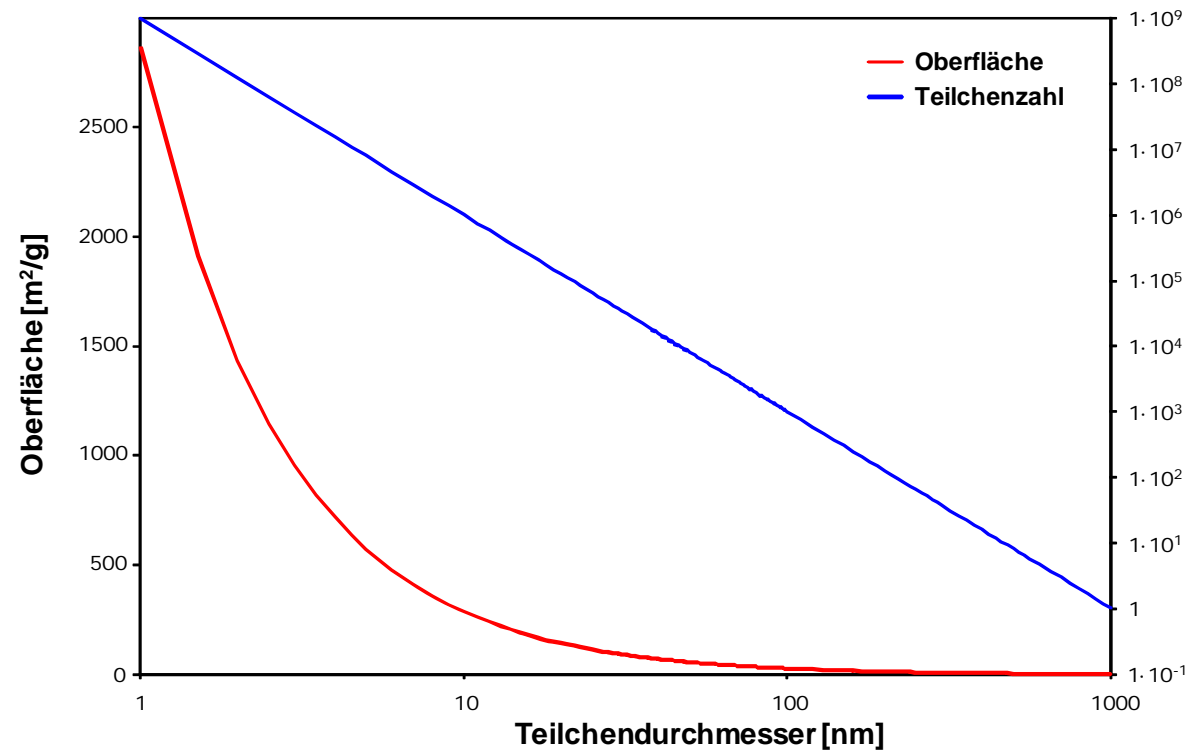
Quelle: Nanoresins AG

Nanoskalige SiO₂-Partikel:

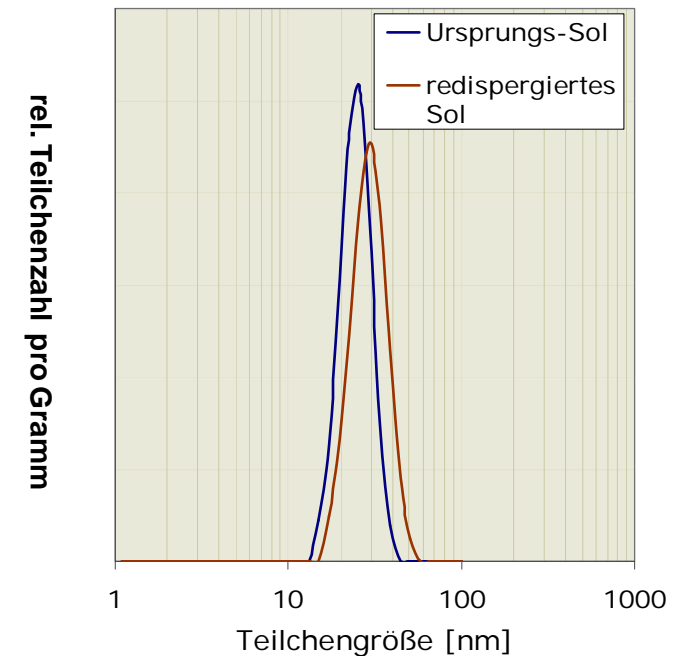
- Stark verbesserte Abriebbeständigkeit
- Optimierte Reibbeiwerte
- Erhöhte Witterungsbeständigkeit
- Verlangsamte thermische Alterung
- Erhöhung der Reißfestigkeit
- Verbesserte Haftung (Tragseite)

Nanoskalige Füllstoffsysteme

Oberfläche und relative Teilchenanzahl pro Gramm in Abhängigkeit vom Teilchendurchmesser



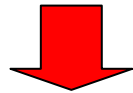
Partikelgrößenverteilung in Lösung



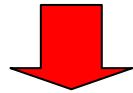
Quelle: Nanoresins AG

Einbringen der Nanopartikel

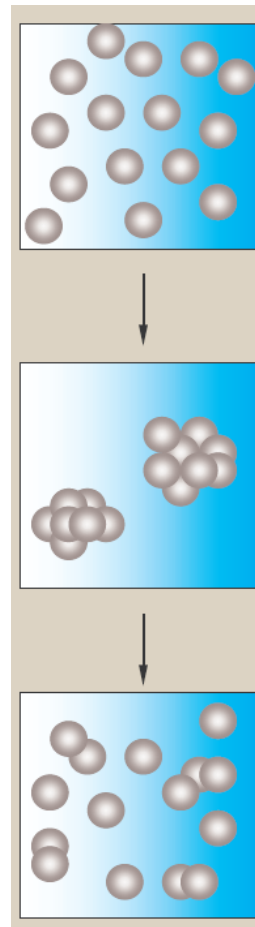
Masterbatches



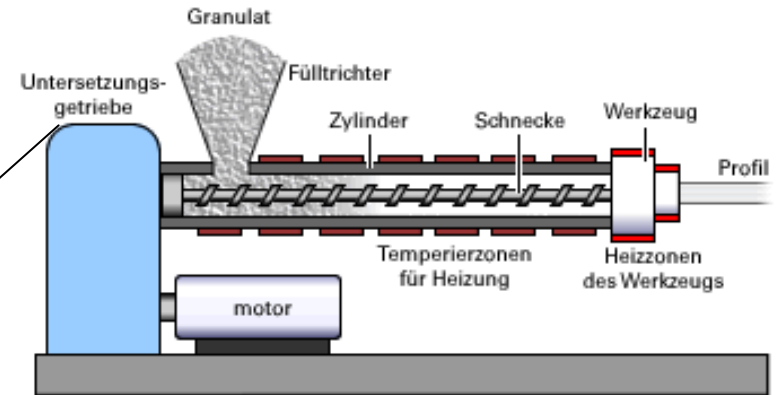
Extruder



Kalandar



Extruder



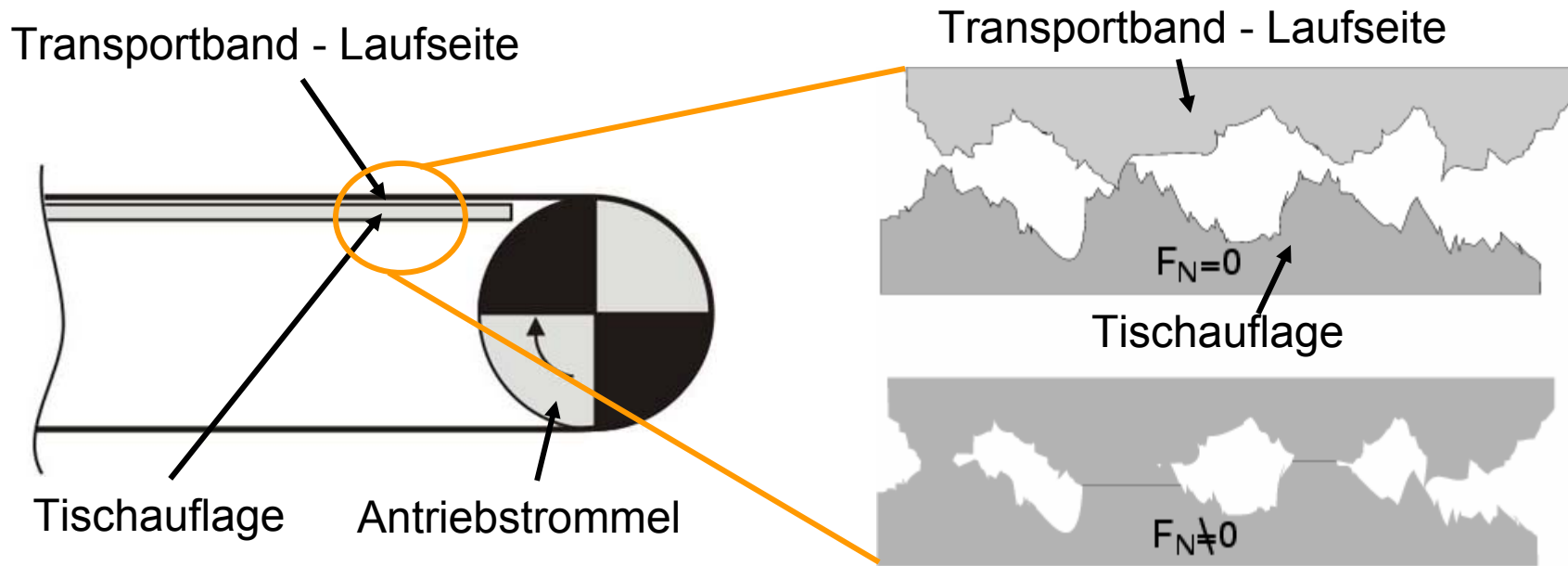
Fördergurtkalandar



Anforderungen: Nanopartikel müssen diesen Prozess agglomeratfrei überstehen und vollständig redispergierbar sein.

Tribologisches Gesamtsystem - Reibungsparameter

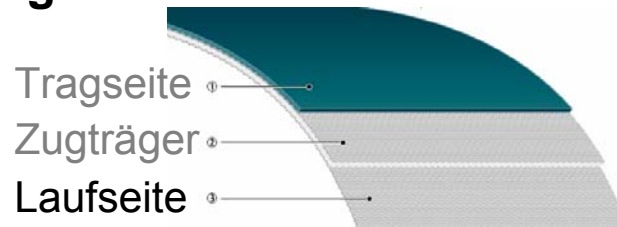
Der Energieverbrauch von gleitend abtragenden Transportbandsystemen wird vorwiegend durch das Zusammenwirken der Reibpartner Transportband und Tischauflage bestimmt:



Dynamischer Reibungskoeffizient: $\mu_{dyn} = \frac{F_{R_{dyn}}}{F_N}$

Untersuchte Beschichtungsformulierungen

Untersuchte Laufseitenbeschichtungen mit Nanopartikel-Anteilen für TPU-basierte Fördergurte:

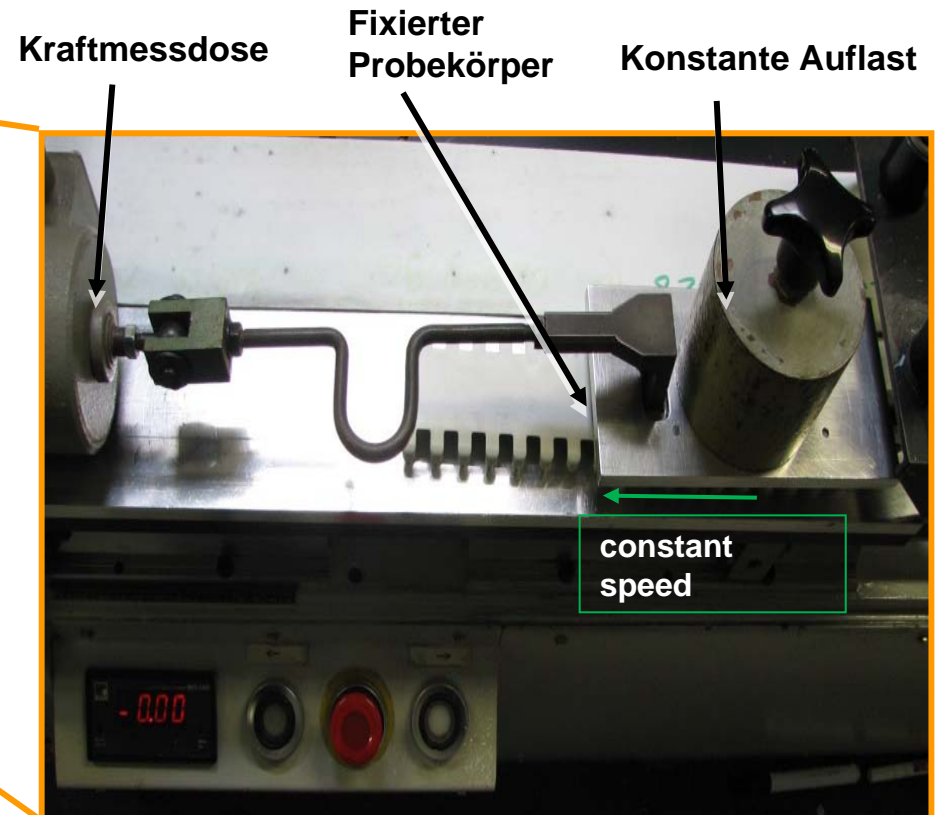
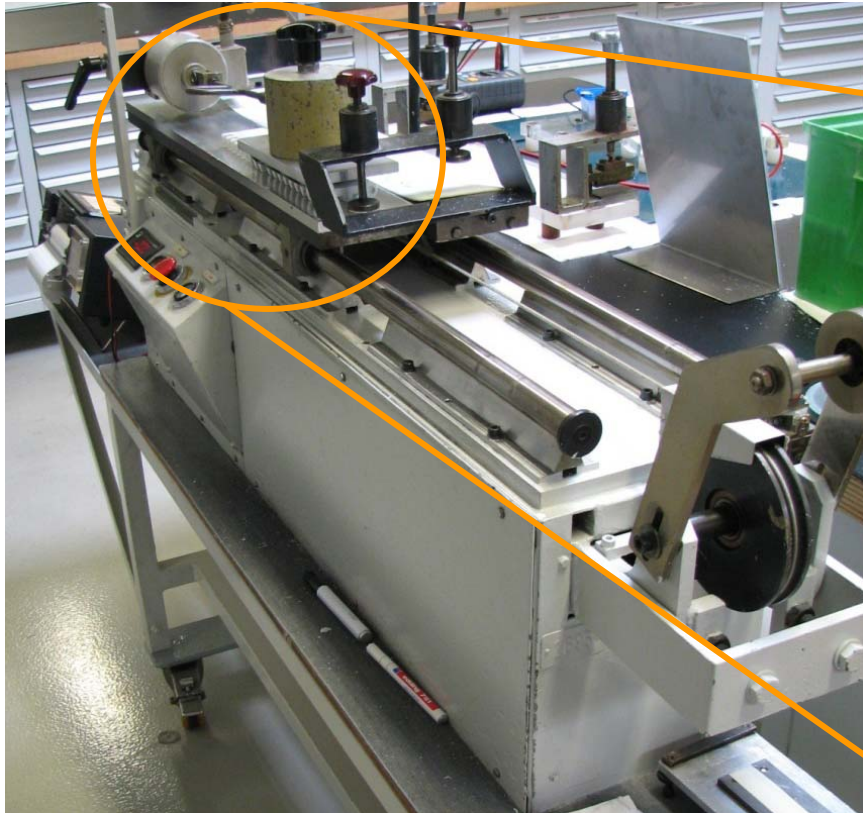


Quelle: Forbo Siegling GmbH

Basismaterial der Laufseitenbeschichtung	Füllstoff	Beschichtungs- Bezeichnung
Referenz-Gewebettransportband ohne zusätzliche Beschichtung	-	M8
Thermoplastisches Polyurethan (TPU) + Isocyanat	Beschichtung ohne SiO ₂ -Partikel oder Wax	M0
Thermoplastisches Polyurethan (TPU) + Isocyanat	Beschichtung dotiert mit 3 Gew.-%- SiO ₂ -Nanopartikel	M1
Thermoplastisches Polyurethan (TPU) + Isocyanat	Beschichtung dotiert mit Carnauba- Wachs	M9
Thermoplastisches Polyurethan (TPU) + Isocyanat	Beschichtung dotiert mit 3 Gew.-%- SiO ₂ -Nanopartikel + Carnauba-Wachs	M10

Prüfstands Aufbau - Reibbeiwertermittlung

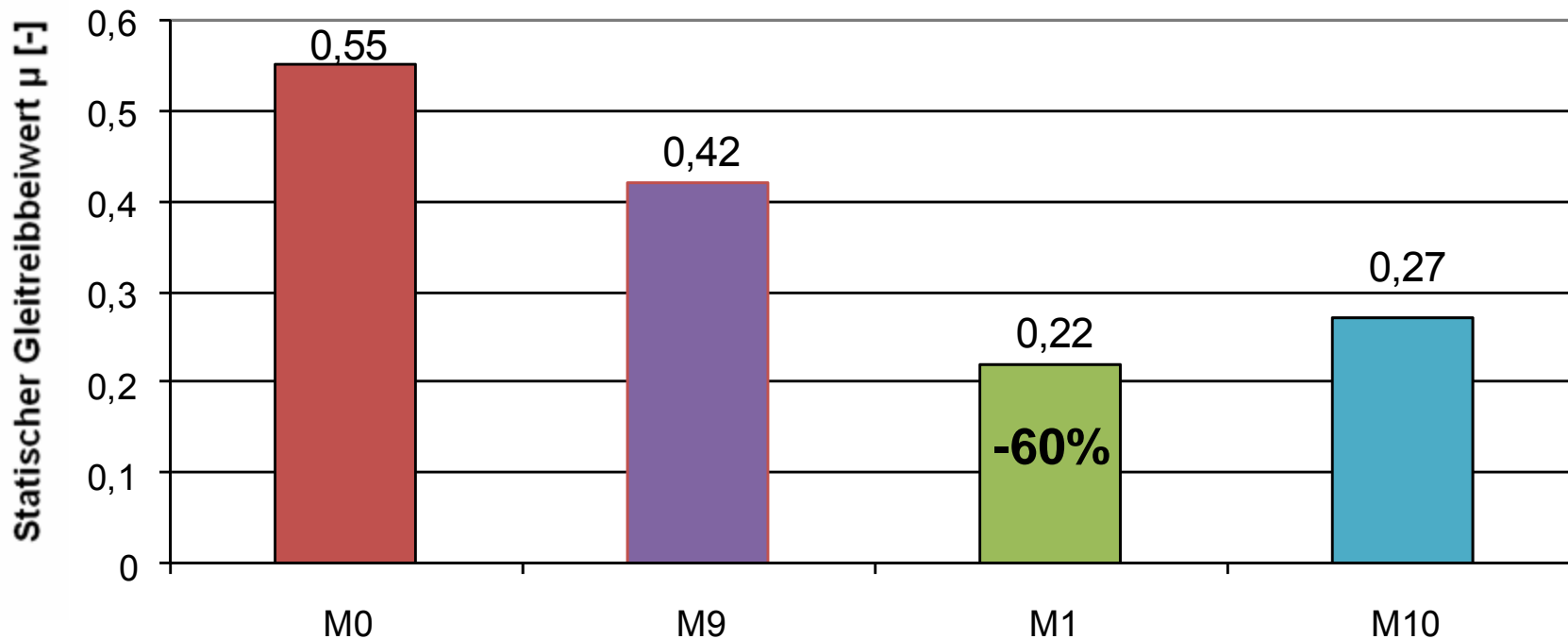
Messeinrichtung zur Bestimmung des statischen Gleitreibbeiwertes von Fördergurtproben



Ermittlung des statischen Gleitreibwertes

Prüfstandsergebnisse - Reibbeiwertermittlung

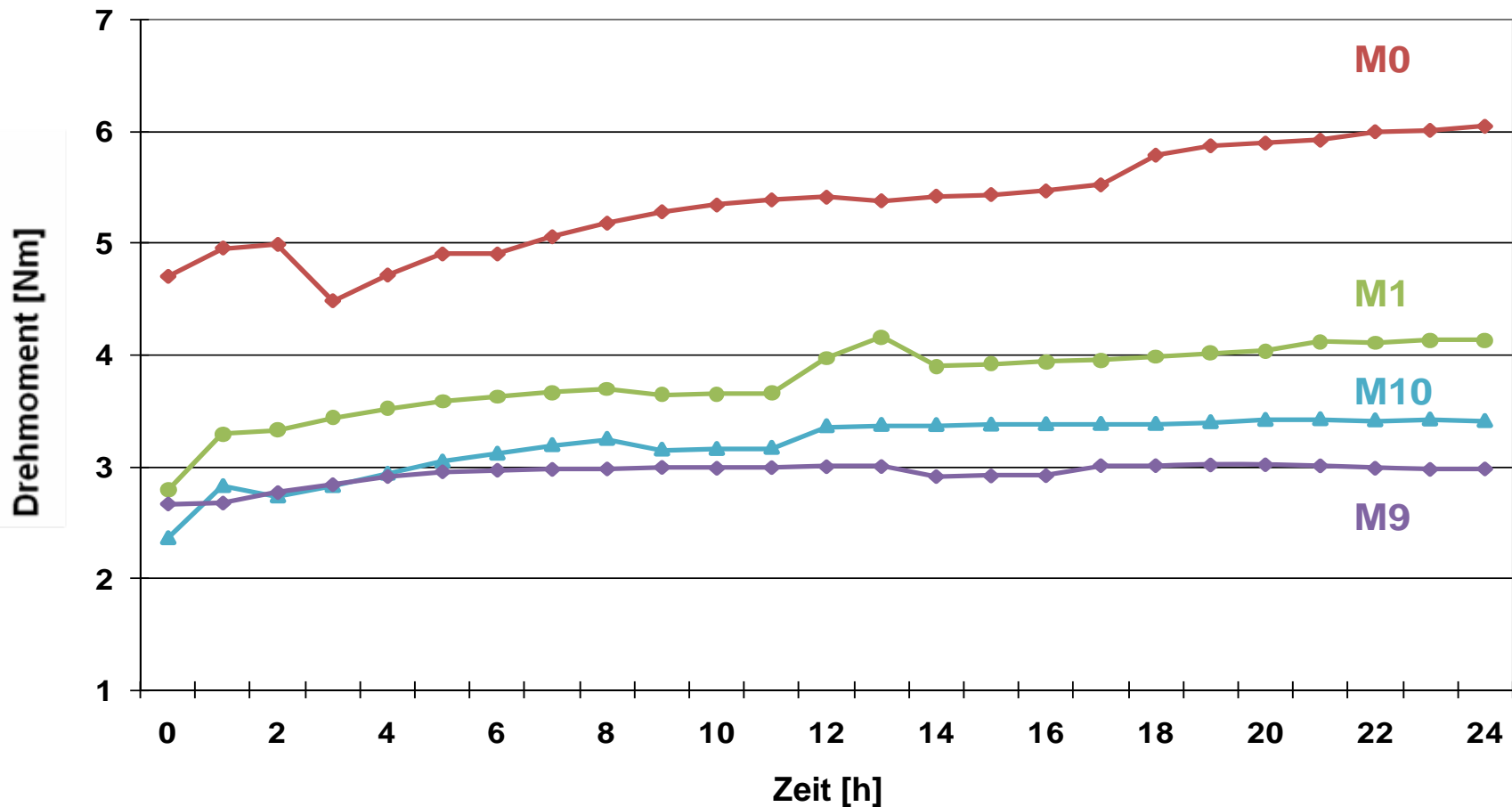
Statische Gleitreibwerte von Fördergurten auf Polyurethan-Basis ermittelt an Labormustern auf dem zuvor dargestellten Reibungsprüfstand



Prüfstandsergebnisse - Drehmomentverlauf

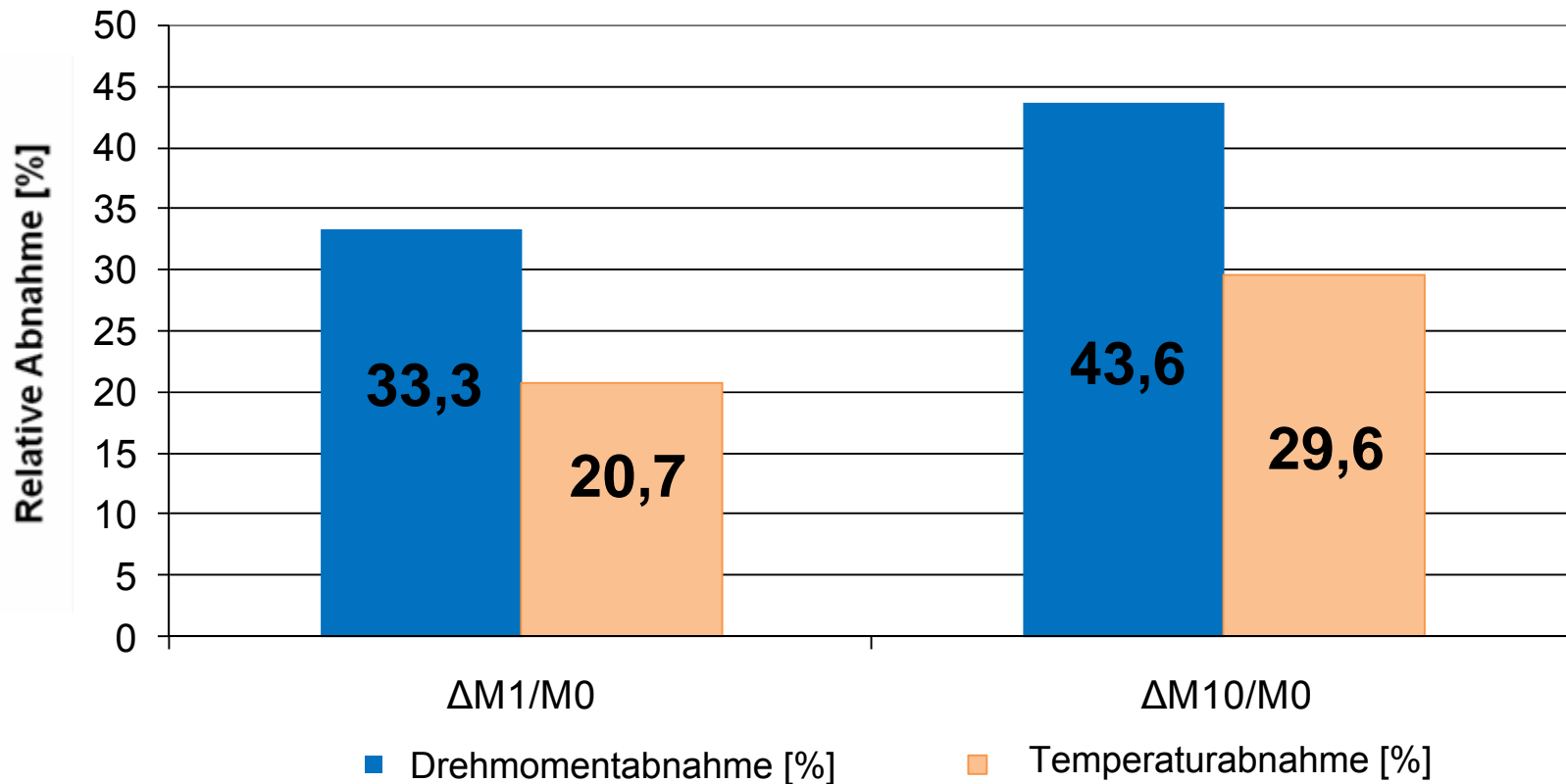
Ermittlung des Drehmomentverlaufs:

Eigenschaften: Stahlkante $\varnothing 40$ mm ; Kopfantrieb;
 $n=191$ 1/min; $v=2,0$ m/s; Auflast =98,1 N



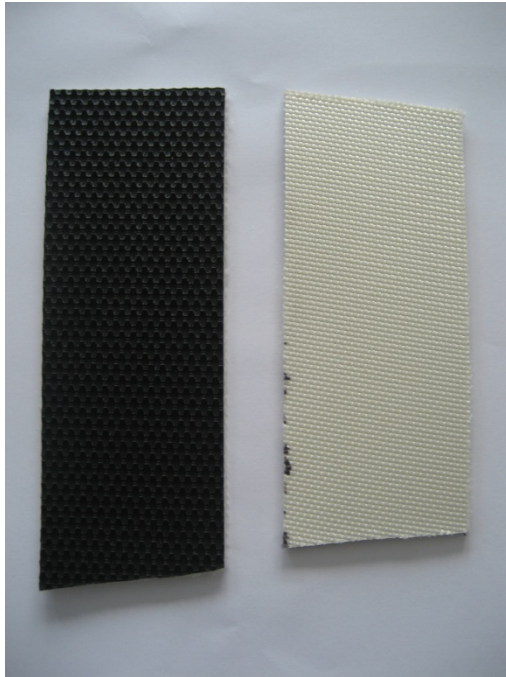
Prüfstandsergebnisse – Temperatur und Drehmoment

Vergleich der relativen Abnahme des Drehmoments und der Temperatur gegenüber einer Standard-TPU-Beschichtung

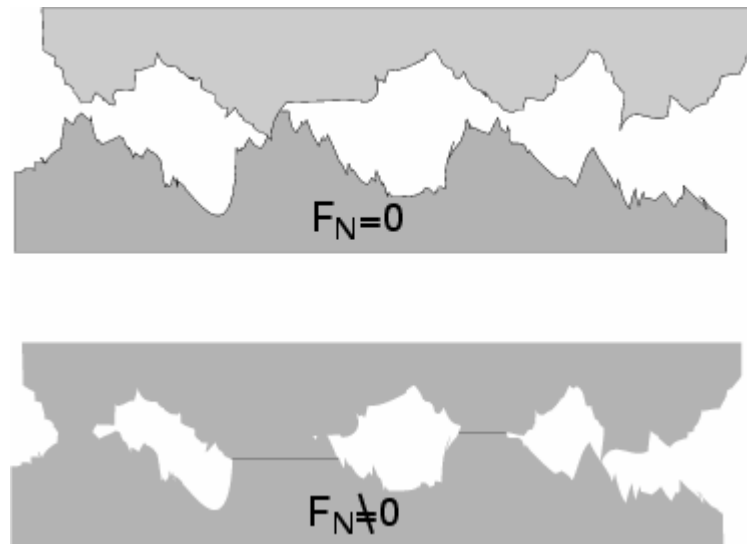


Upscaling der Prüfstandsuntersuchungen und Laborproben

Labormuster



Upscaling



Muster im
Produktionsmaßstab



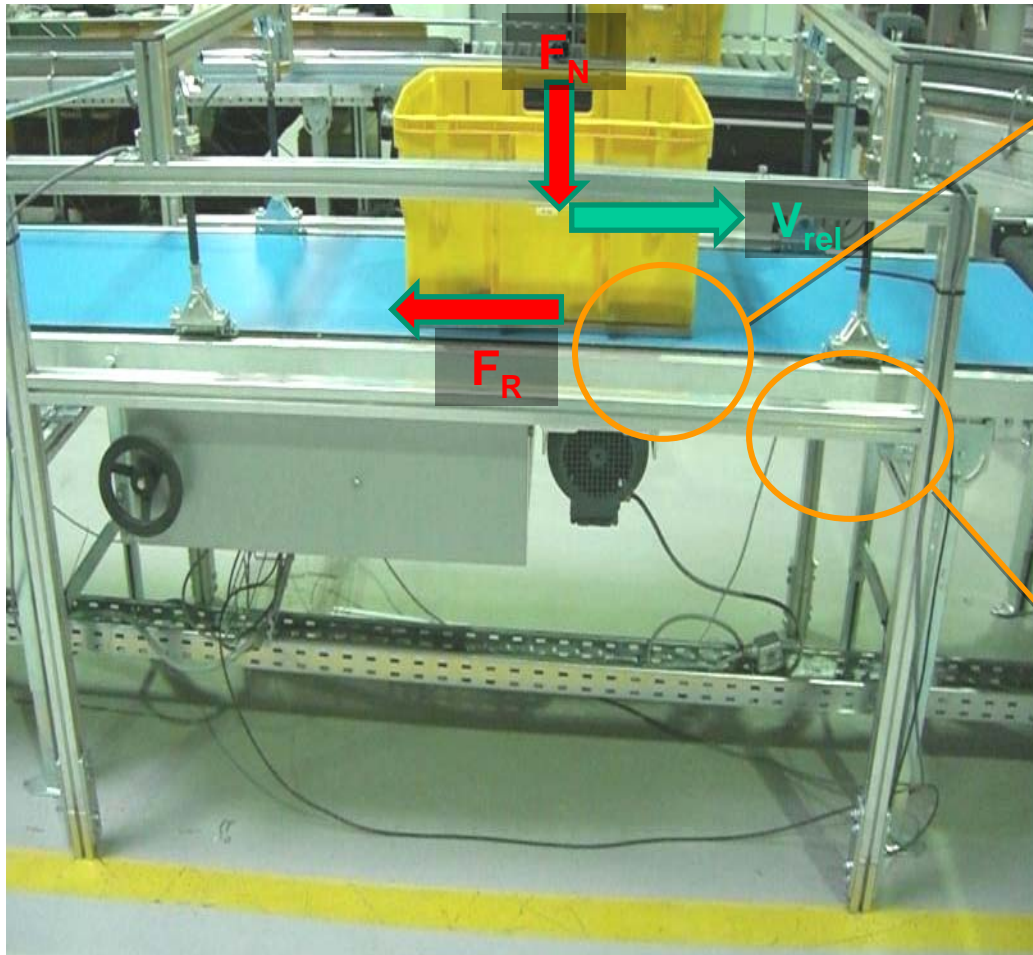
$$A_0 = a \cdot b \gg A_r = \sum_{i=1}^n A_r^i$$

Geometrische Kontaktfläche

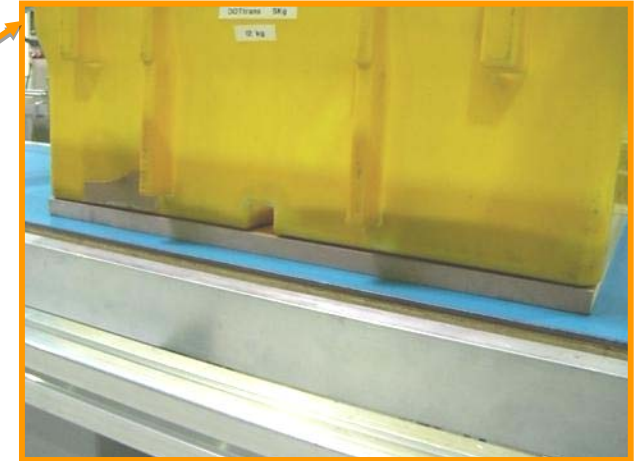
Reale Kontaktfläche

Prüfstands Aufbau – dynamischer Gleitreibbeiwert

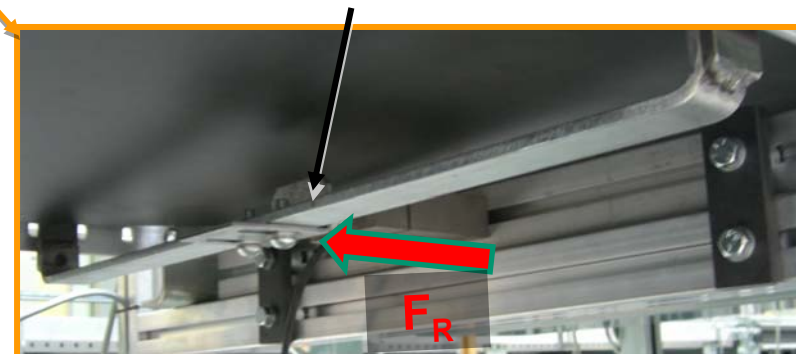
Auflastvariationen: $F_N = 50 - 250 \text{ N}$



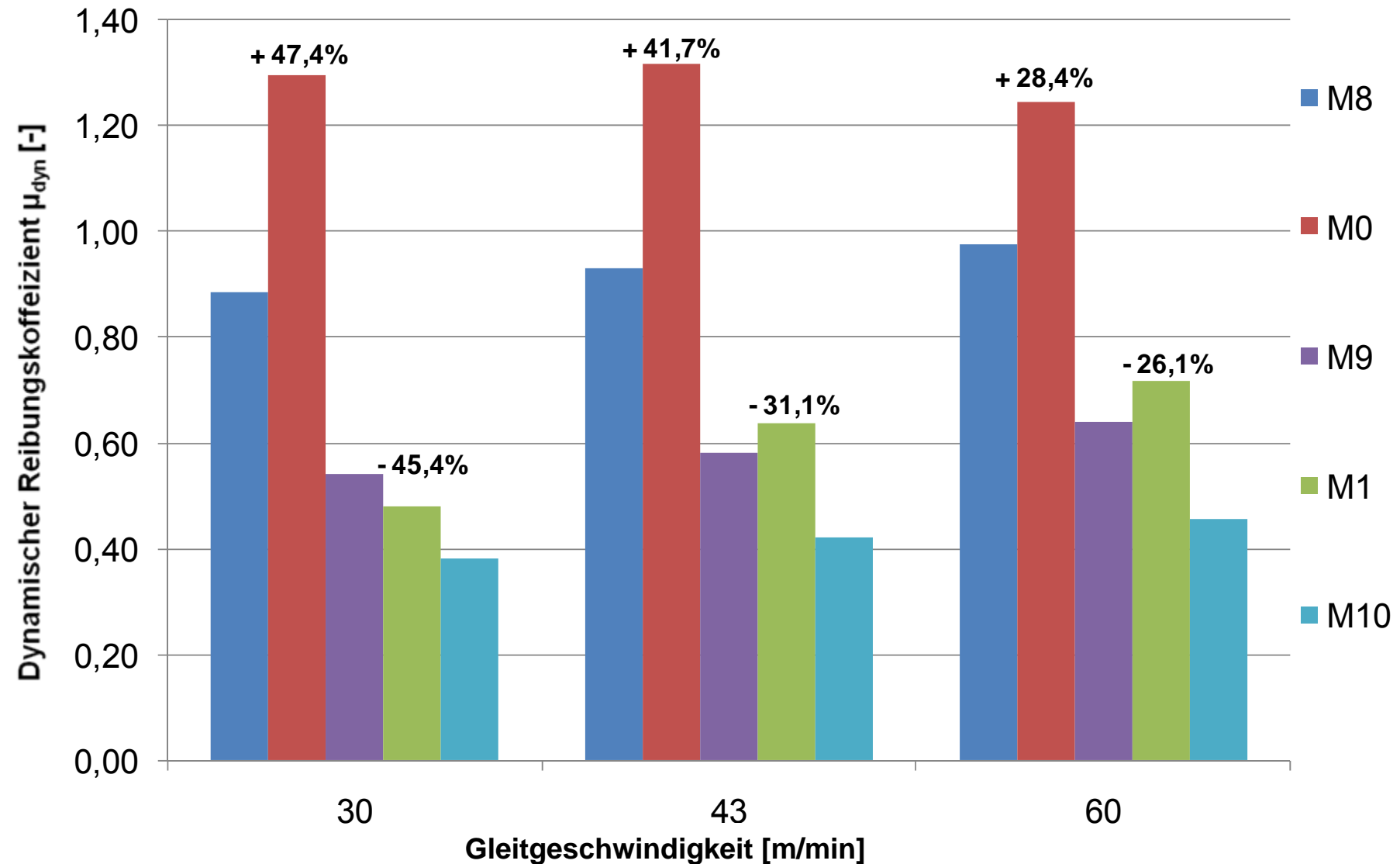
Konstante geometrische Kontaktfläche
zwischen den untersuchten Reibpartnern



Kraftmesseinrichtung zur Ermittlung der
resultierenden Horizontalkräfte

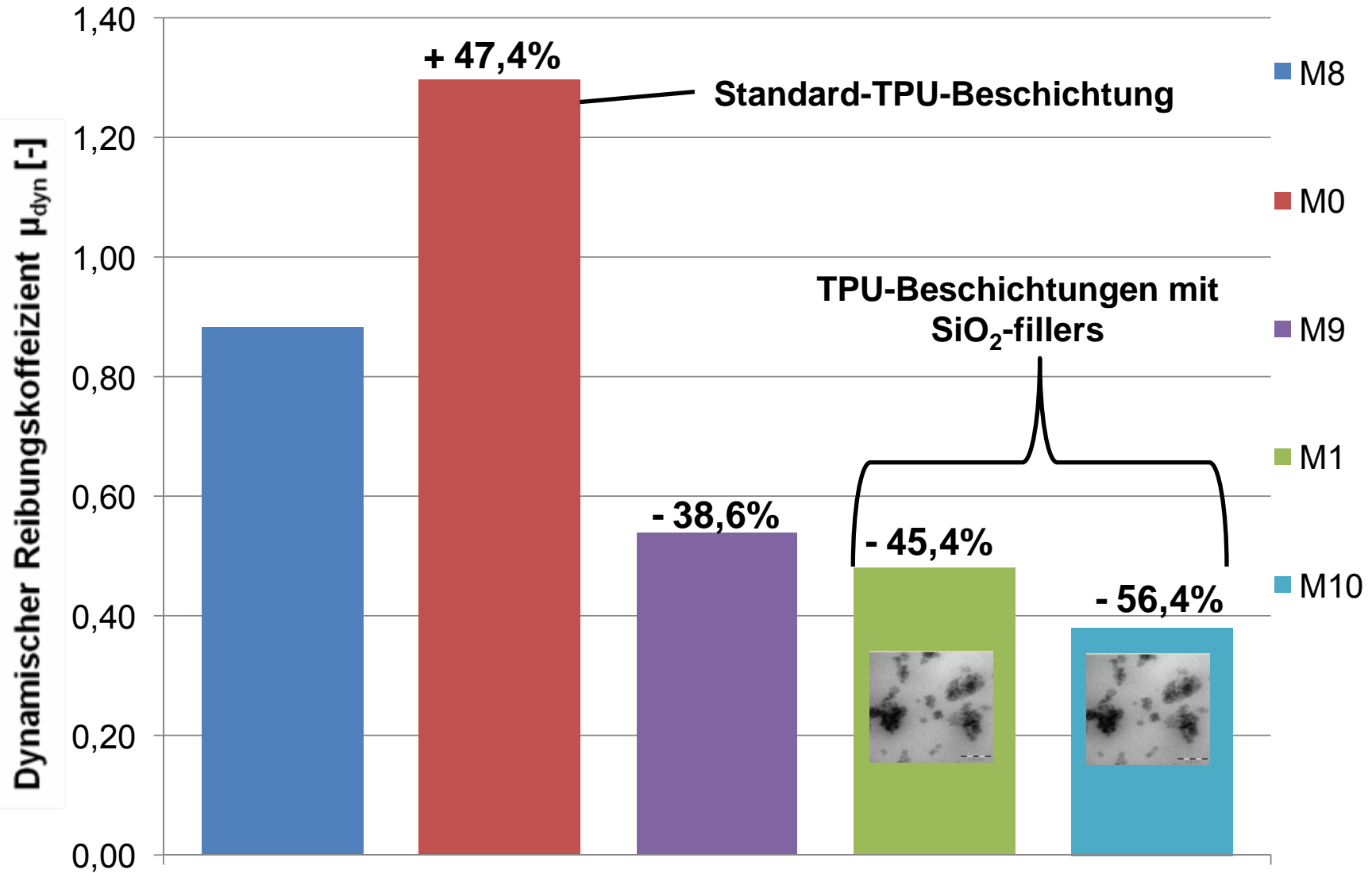


Prüfstandsergebnisse – dynamischer Gleitreibbeiwert



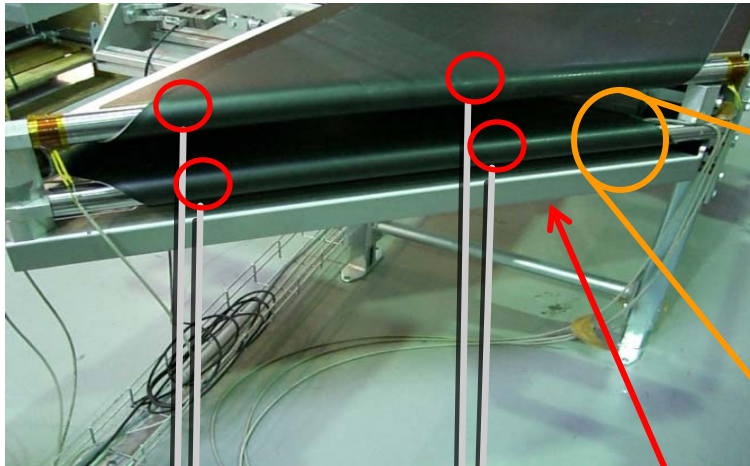
Prüfstands Aufbau – dynamischer Gleitreibbeiwert

($v_{rel} = 30 \text{ m/min}$)

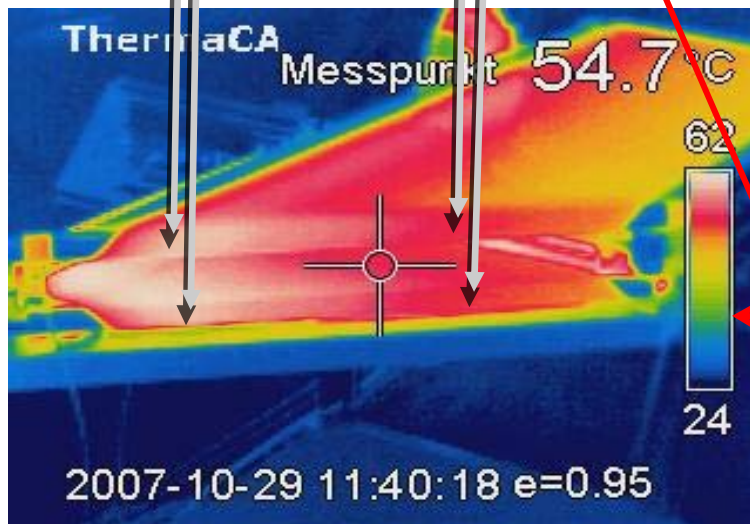
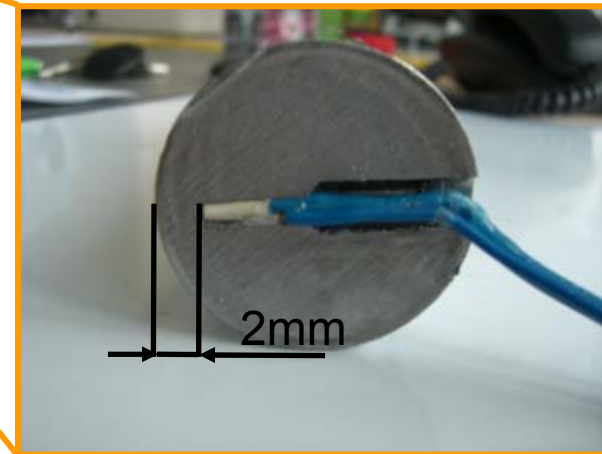


Ergebnisse Feldversuche - Temperaturverhalten

In-situ Messungen des Temperaturverhaltens in Kontaktzonen mit hohen durch Reibung verursachten Temperaturbeanspruchungen



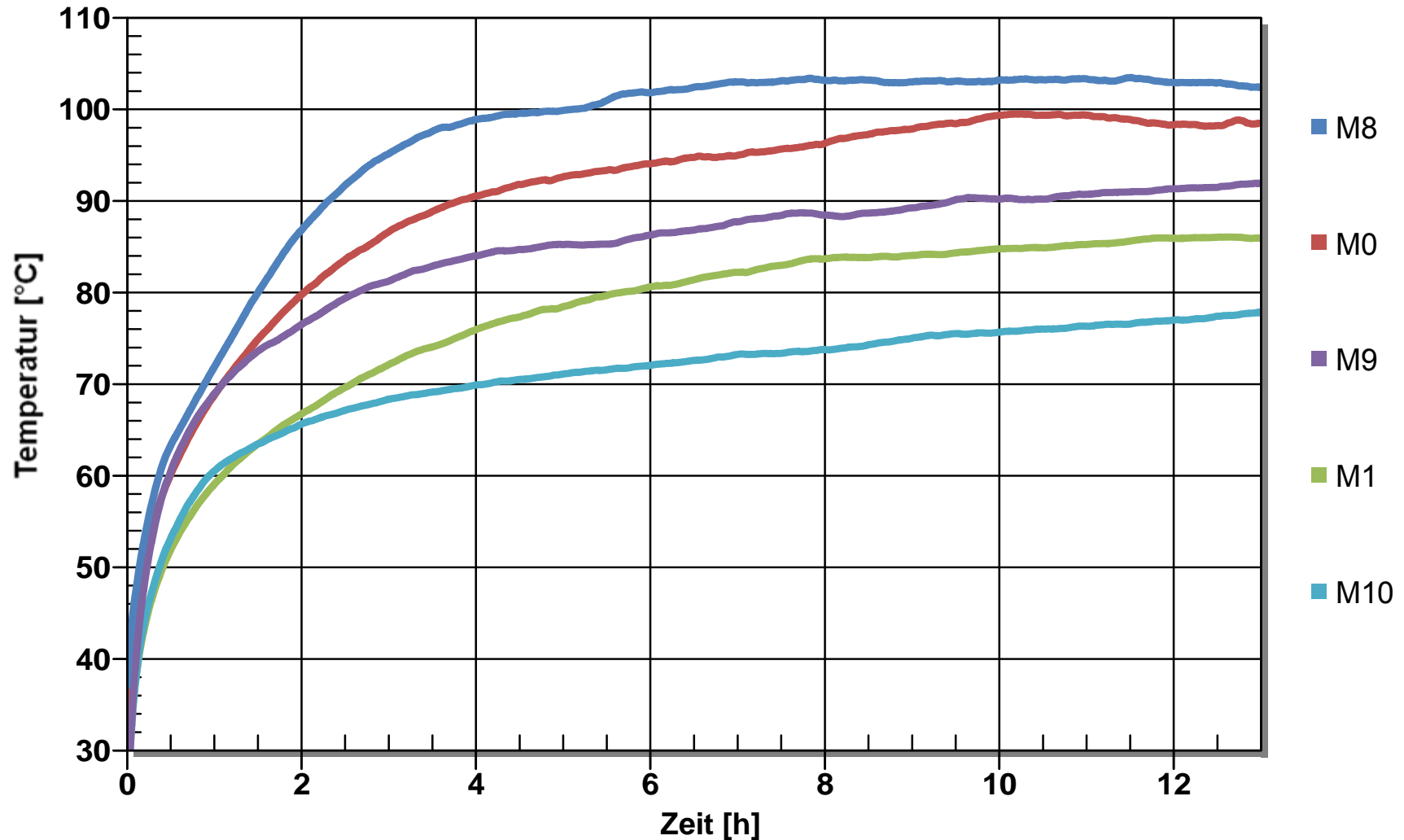
Schnittansicht der feststehenden Gurtumlenkungen mit integrierten PT100-Temperatursensoren



Integrierte PT100-Temperatursensoren an Reibkontakten mit lokalen Temperaturspitzen

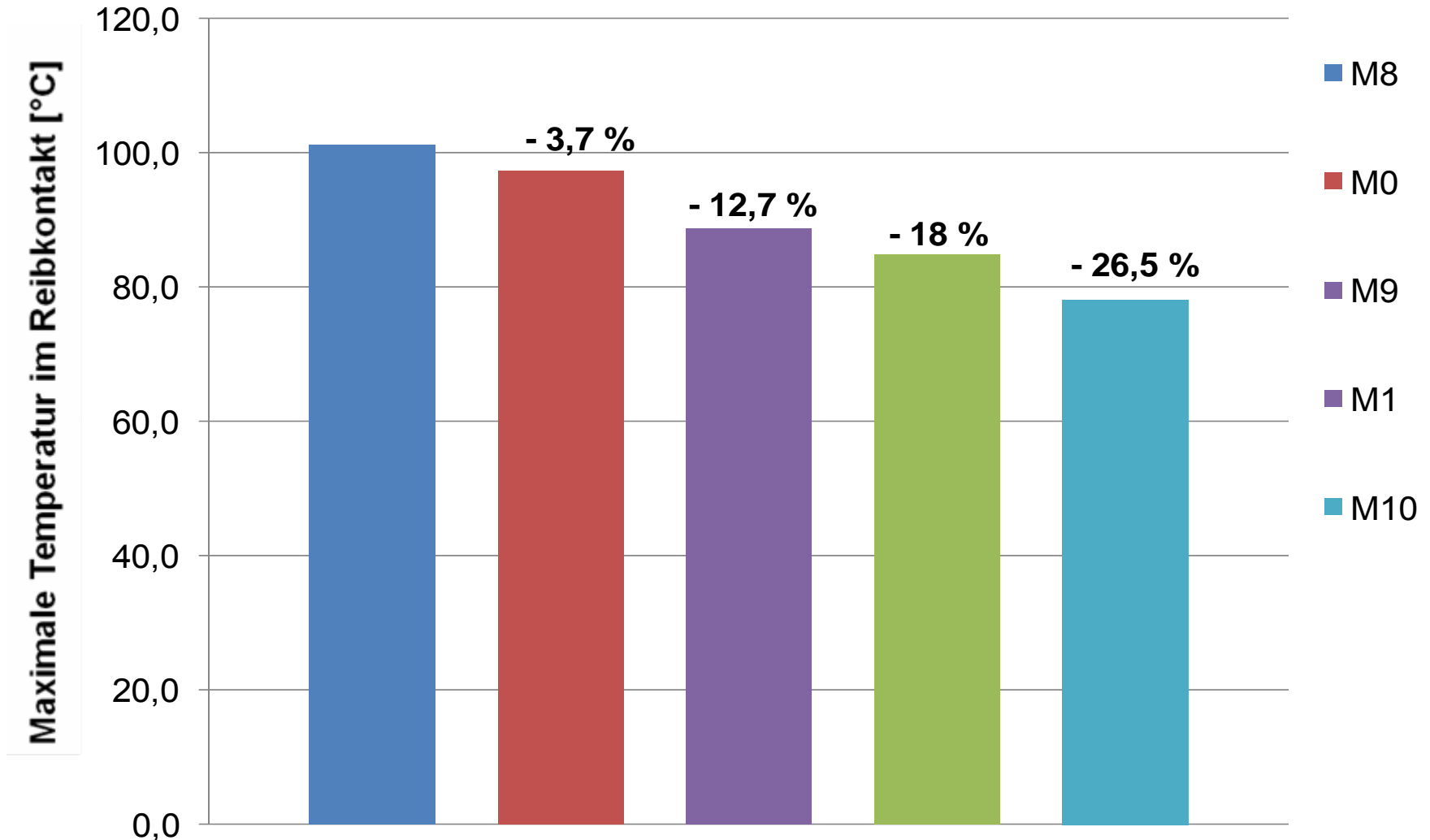
Ergebnisse Feldversuche - Temperaturverhalten

Temperaturverhalten im Reibkontakt für verschiedene Beschichtungen bei $V_{rel}=105$ m/min



Ergebnisse Feldversuche - Temperaturverhalten

Temperaturverhalten im Reibkontakt für verschiedene Beschichtungen bei $V_{rel}=105$ m/min



Zusammenfassung

- Dotierung von Laufseitenbeschichtungen auf Basis von TPU-Isocyanat bewirkt bereits bei Dotierungsmengen von **3 Gew.% Silikat-Nanopartikeln** eine Reduzierung der Gleitreibung:

Statische Prüfung der Gleitreibwerte ergab eine **Reduzierung bis zu 60%**

Dynamische Prüfung der Gleitreibwerte ergab eine **Reduzierung bis zu 33%**

- Kombination von Nanopartikeln mit Wachs bewirkt bereits bei niedrigen Temperaturen eine **Verbesserung der Gleitreibwerte** und damit eine Senkung der Betriebskosten von Transportbandanlagen.
- Beschichtung mit nanopartikel-dotierten TPU-Beschichtungen lässt sich ohne Umbau der Produktionsanlagen durchführen.
- **Hohe Herstellungskosten** der eingesetzten Nanopartikel limitiert den wirtschaftlicher Einsatz der entwickelten Transportbandbeschichtungen auf Sonderanwendungen -> **Handlungsbedarf bei Produktionsverfahren.**
- Grundlegende Untersuchungen zum Verständnis der **Wirkmechanismen** notwendig.

Institut für Transport- und Automatisierungstechnik



Bei Fragen zu den vorgestellten
Themen helfen wir gerne weiter:

Prof. Dr.-Ing. Ludger Overmeyer

Tel. +49 511 762-3524

Fax. +49 511 762-4007

Ludger.overmeyer@ita.uni-hannover.de

Dipl.-Ing. Sascha Falkenberg

Tel. +49 511 762-18159

Sascha.Falkenberg@ita.uni-hannover.de

*Bild: Eingang des Produktionstechnischen Zentrums Hannover
mit Hörsaal und Bürogebäuden.*

*Leibniz Universität Hannover
Institut für Transport- und Automatisierungstechnik
Produktionstechnisches Zentrum,
An der Universität 2
30823 Garbsen
<http://www.ita.uni-hannover.de>*