

VFA-Forum Interlift '13:

# Innovationspotential im Aufzugbau durch Magnettreibscheiben

Dipl.-Ing. Martin Anders

Prof.-Dr.-Ing. habil. Dr. h. c. Peter Gräbner  
Dr.-Ing. Thomas Leonhardt

---

Augsburg, 17. Oktober 2013

- Motivation
- Ursprung der neuartigen Magnettreibscheibe
- Aufbau und Funktion von Magnettreibscheiben
- Stand der Forschung
- Beispiel zur Dimensionierung eines Aufzugsystems
- Offene Fragen
- Zusammenfassung

# Motivation



http://www.kone.com

Treib-  
scheiben-  
antrieb

Motor/  
Getriebe

Wechsel zur  
Magnettreib-  
scheibe  
Seiltrieb

Gegengewicht

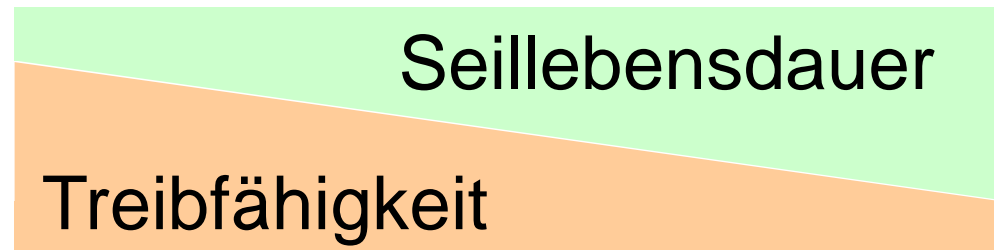
$m_{cw}$

Kabine

$m_c$

**Notwendige Masse zur Trügfähigkeit**

## Einfluss der Rillenform auf Treibfähigkeit und Seillebensdauer



- Patent WO 03/076324 A 1 einer neuartigen Antriebsscheibe für Hochleistungsreibpaarungen durch Prof. Dr.-Ing. habil. Dr. h. c. Peter Gräbner
- Anschließende Entwicklungsarbeit in Forschungsprojekten mit zahlreichen Partnern aus Industrie und Forschung

**SCHWARTZ**  
TECHNICAL PLASTICS

**kluge**  
GmbH

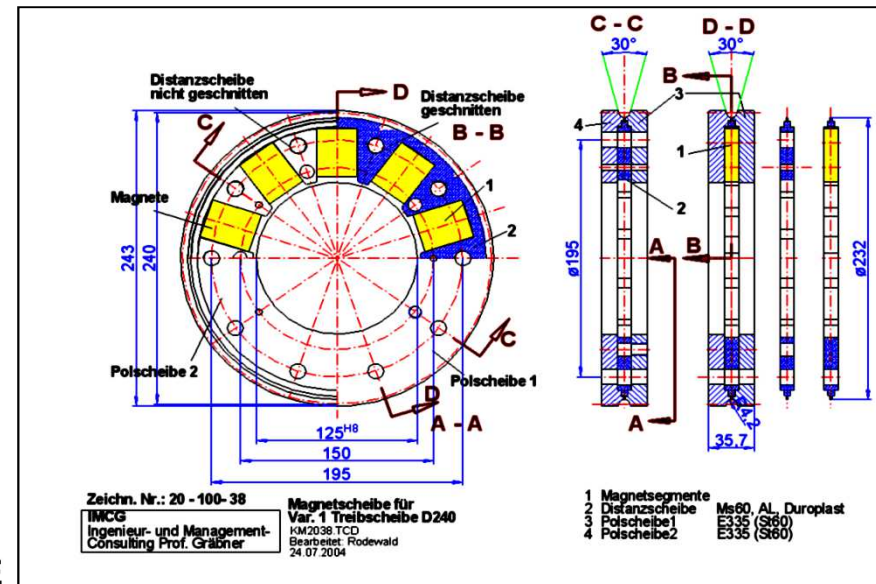
**LIFTKET**  
ELEKTROKETTENZÜGE  
HOFFMANN Fördertechnik GmbH Würzen

...

**IMCG**

Ingenieur- und Management-  
Consulting Prof. Gräbner

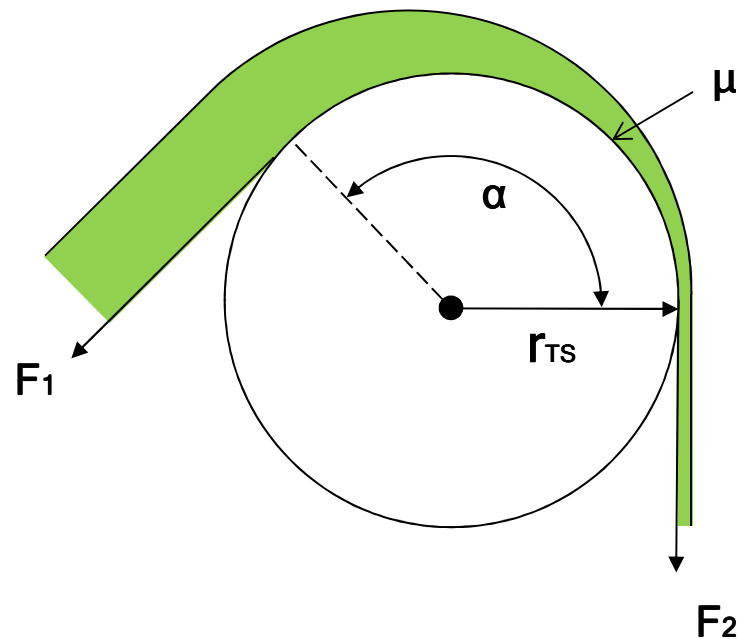
\* Fördertechnik \* Verkehr \* Recycling  
\* Zukunftsfähigkeit



erste Entwicklung einer einrilligen  
Magnettreibscheibe - 2002

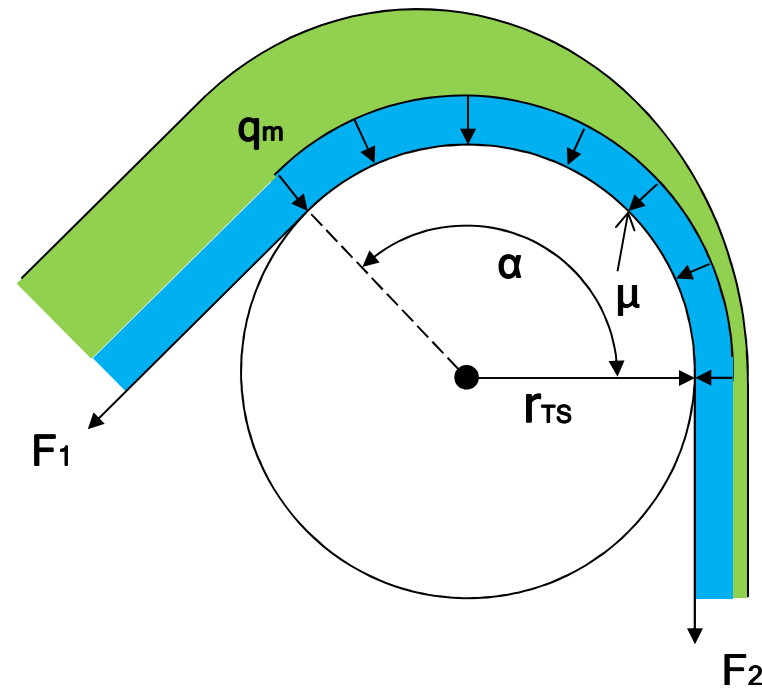


## Konventionelle Treibscheiben



$$F_1 \leq F_2 \cdot e^{\mu\alpha}$$

## Magnettreibscheiben



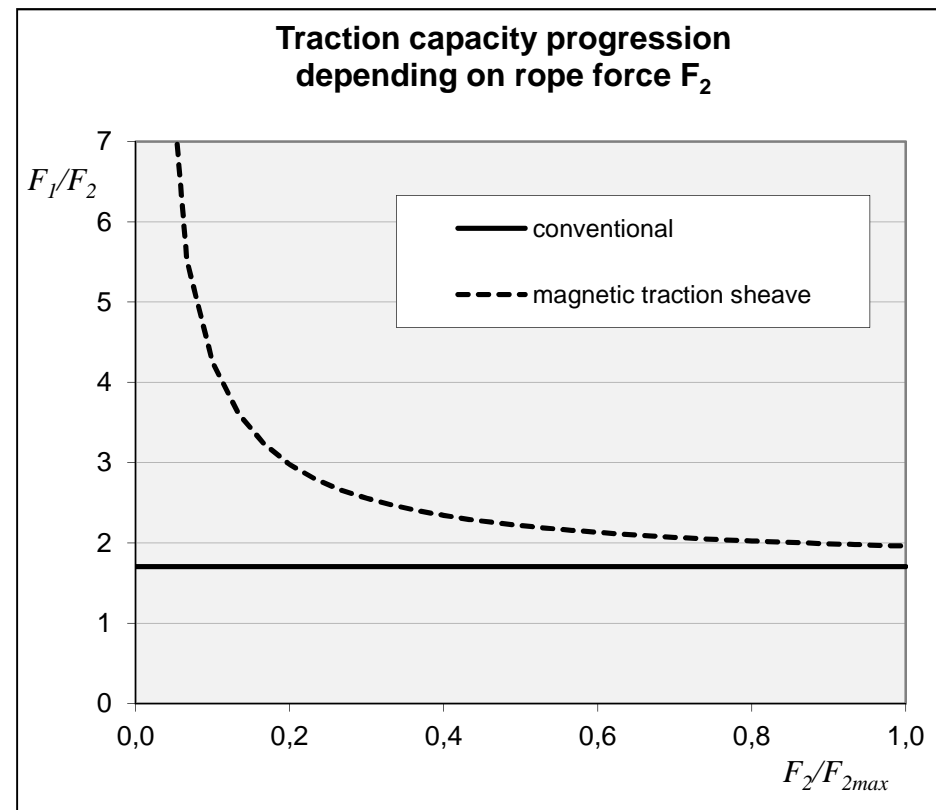
$$F_1 \leq F_2 \cdot e^{\mu\alpha} + q_m r_{TS} (e^{\mu\alpha} - 1)$$

$$F_1/F_2 \leq e^{\mu\alpha} + q_m r_{TS} (e^{\mu\alpha} - 1)/F_2$$



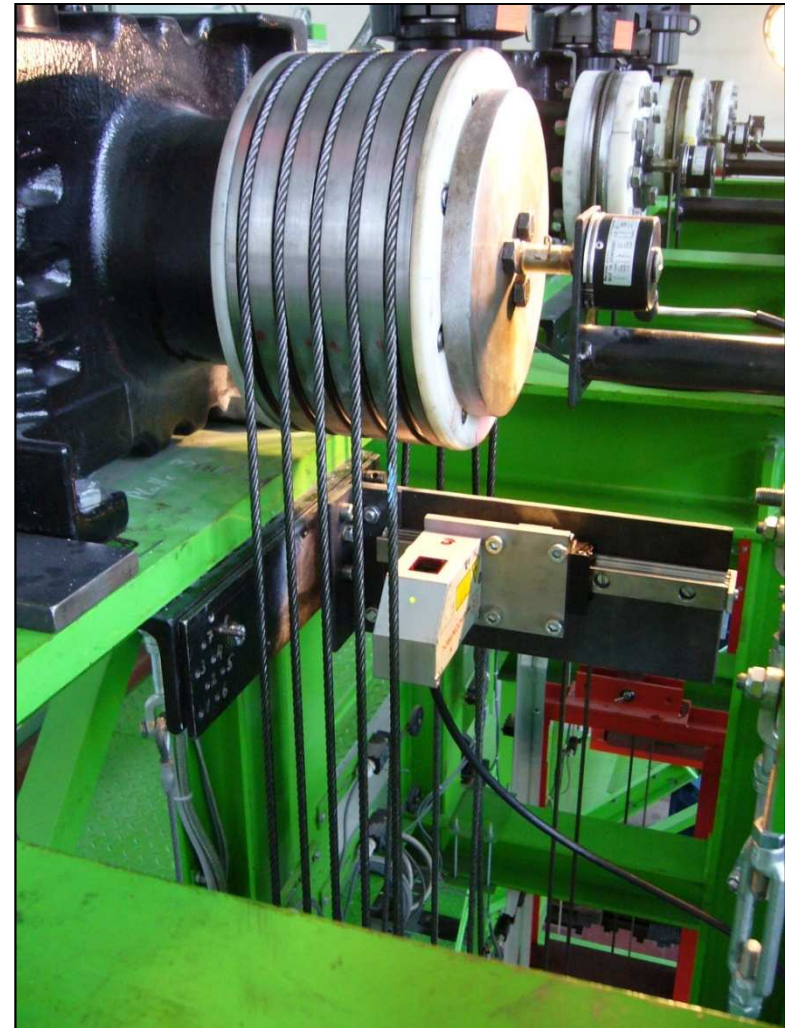
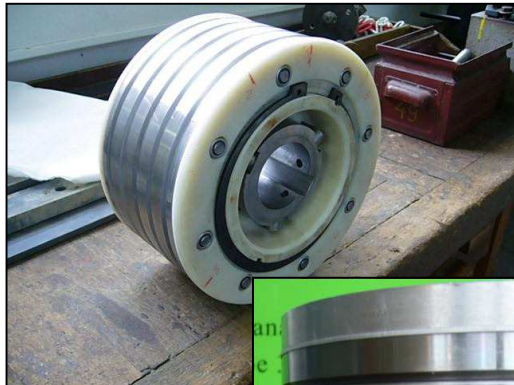
## Der prinzipielle Unterschied

- Die Treibfähigkeit  $F_{1\max}/F_2$  ist keine Konstante mehr sondern ist abhängig von der Last
- Diese Lastabhängigkeit ist prädestiniert für Aufzuganwendungen
- Auch ohne Gegenkraft  $\rightarrow F_2=0$  kann theoretisch eine Last gehoben werden



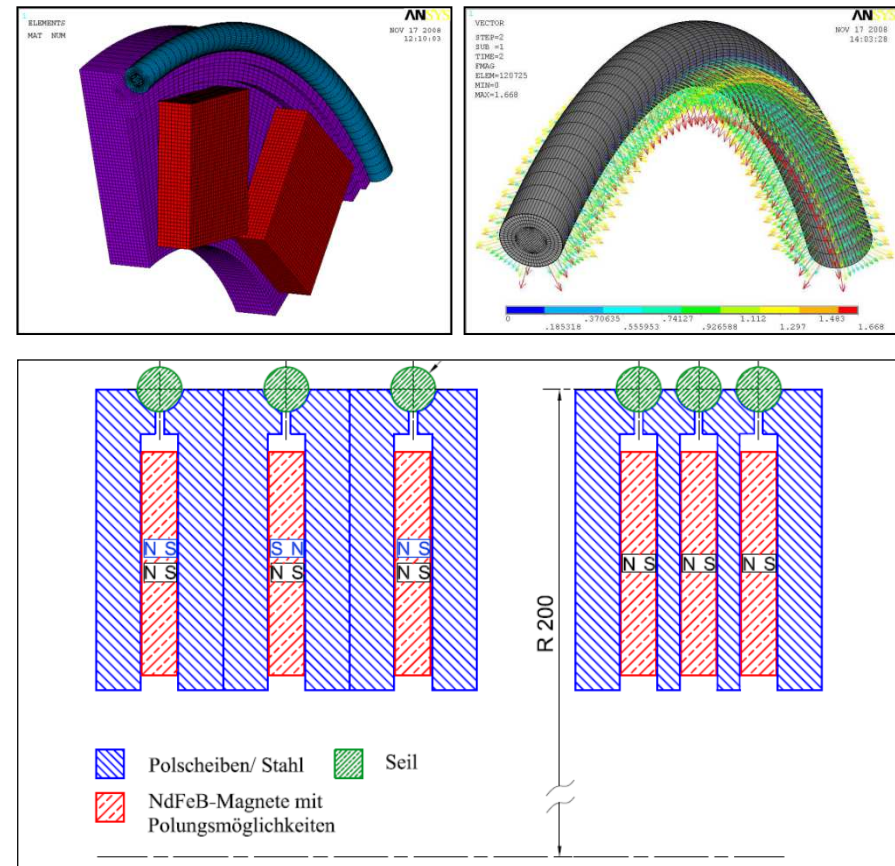


## Fünfrillige Magnetreibscheiben im Aufzugprüfstand



## Optimierung von Geometrie und Werkstoffen

- Rillengeometrie für hohe Ausnutzung der Magnetkraft
- Geeignete Werkstoffkombinationen zur Gewährleistung des magnetischen Flusses
- Genaue Konstruktionsvorgaben für verschiedenste Seil- und Scheibendurchmesser
- Entwicklung mehrrilliger Magnettreibscheiben mit geringem Seilabstand – günstige Gesamtbreite des Treibscheibenpaketes



## Versuchsdurchführungen

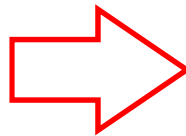
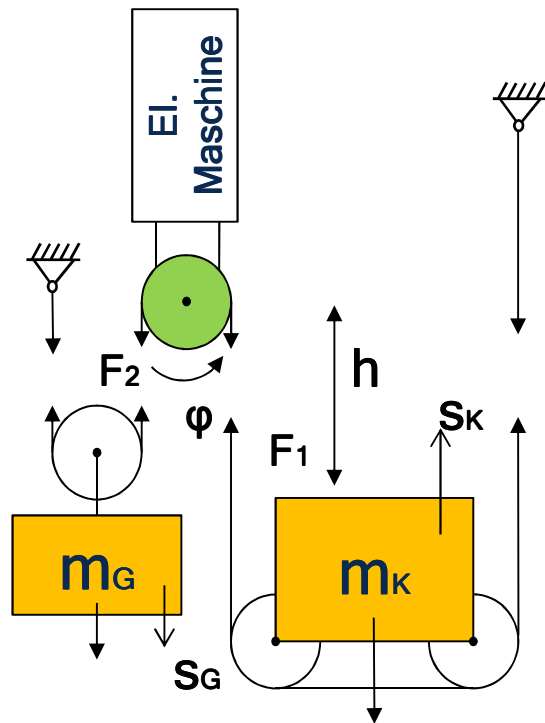


- Reibversuche zur Bestimmung von Reibwerten und Magnetkraft
- Dauerversuche – Rillenverschleiß und Seillebensdauer
- Aufsetzversuche nach EN 81-1/TRA 102
- Versuche zum Vergleich der elektrischen Leistungsaufnahme



## Auslegung und Treibfähigkeitsvergleich

Modellentwicklung



Treibscheibendimensionierungsprogramm  
TRadim

TRadim Treibscheibendimensionierung

Datei Bearbeiten Hilfe

Parameter

**Allgemein**

Erdbeschl.  $g = 9.81 \text{ m/s}^2$   
 Kabinenbeschl.  $a = 1.5 \text{ m/s}^2$   
 Kabinengeschw.  $v = 2 \text{ m/s}$   
 Förderhöhe  $h = 50 \text{ m}$   
 Massenausgleich  $mr = 0.5$   
 Getriebeüberset.  $i = 1$   
 Abst. Ro. Kab.-Mitte  $r_K = 0.7 \text{ m}$   
 Rollenradius Kab.  $r_{rK} = 0.26 \text{ m}$   
 Rollenradius GGW.  $r_G = 0.26 \text{ m}$   
 Spannschei.-Radius  $r_{sp} = 0.265 \text{ m}$   
 Aufhängung  $2:1$

**Trägheiten**

Nutzmasse  $Q = 2500 \text{ kg}$   
 Rollenmasse Kab.  $m_{rK} = 35 \text{ kg}$   
 Rollenmasse GGW.  $m_{rG} = 35 \text{ kg}$   
 Rollenträg. Kab.  $J_{rK} = 0.3 \text{ kgm}^2$   
 Rollenträg. GGW.  $J_{rG} = 0.3 \text{ kgm}^2$   
 Spannschei.-Träg.  $J_{sp} = 8 \text{ kgm}^2$   
 Getr.-Träg. (Mot.-W.)  $J_{get} = 0 \text{ kgm}^2$   
 Motor.-Träg.  $J_{mot} = 2.2 \text{ kgm}^2$

**Treibscheibe (kTS)**

Umschlingungswi.  $\alpha = 3.14159 \text{ rad}$   
 Reibwert d. Rille  $f(\mu) = 0.235$   
 Treibsch.-Radi.  $r_{TS} = 0.28 \text{ m}$   
 Treibsch.-Träg.  $J_{TS} = 8 \text{ kgm}^2$   
 Erf. Sicherheit  $s_{erf} = 16$   
 Seilanzahl.  $n_{Seil} = 6$

**Magnettreibscheibe (MTS)**

Magnetkraft  $q_m = 13000 \text{ N/m}$   
 Reibwert d. Rille  $f(\mu) = 0.15$   
 Treibsch.-Radi.  $r_{TS} = 0.28 \text{ m}$   
 Treibsch.-Träg.  $J_{TS} = 8 \text{ kgm}^2$   
 Erf. Sicherheit MTS  $s_{erf} = 15$   
 Seilanzahl.  $n_{Seil} = 6$

**Seil**

Seildurchmesser  $d = 0.0013 \text{ m}$   
 Mindestbruchkraft  $F_b = 111600 \text{ N}$   
 spez. Seilmasse  $m_{spS} = 0.723 \text{ kg/m}$   
 Unterseile:  $ja$   
 Sp.-kr. d. Unterseile  $F_{sp} = 0 \text{ N}$   
 spez. Hä.-ka.-masse  $m_{spH} = 0.5 \text{ kg/m}$   
 Sich. geg. Rutschen  $s_{rut} = 1.2$

für Dezimalstellen ist der Punkt , anstelle des Kommas , zu verwenden

min. Kabinenmasse

Vorgabe in kg: 2300  
 Min. Kab. in kg: 2255.14  
 Min. GGW. in kg: 3546.39  
 MTS: 800 0 1291.25

Berechne min. Kab.-Masse

☒ Vorgabe verwenden Übernehmen

Übernehmen KTS

Zeichne

Empfindlichkeit

Referenzfahrt

Energiedifferenz

KTS <-> MTS: 6 kW's

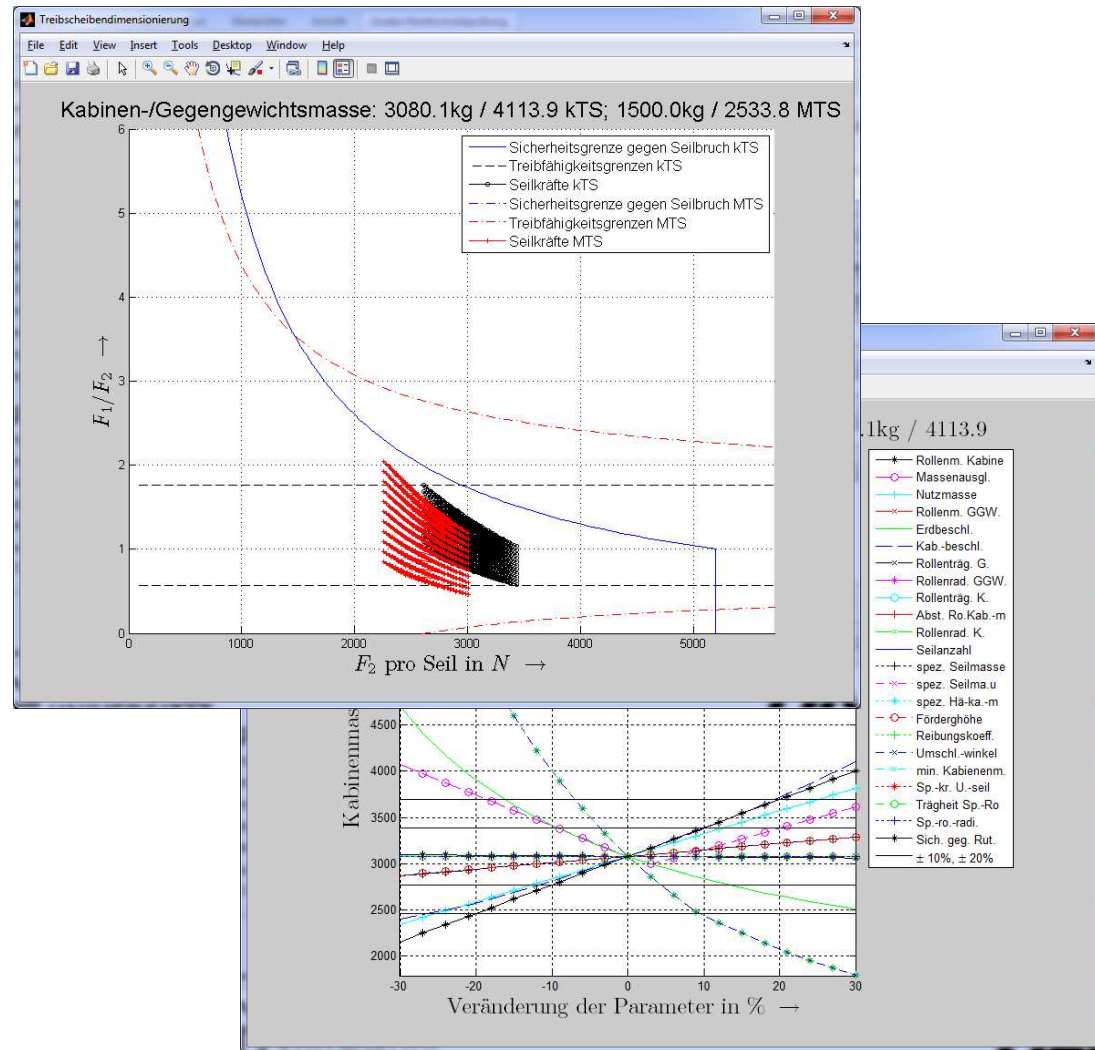
Energiedifferenz

TECHNISCHE  
UNIVERSITÄT  
DRESDEN

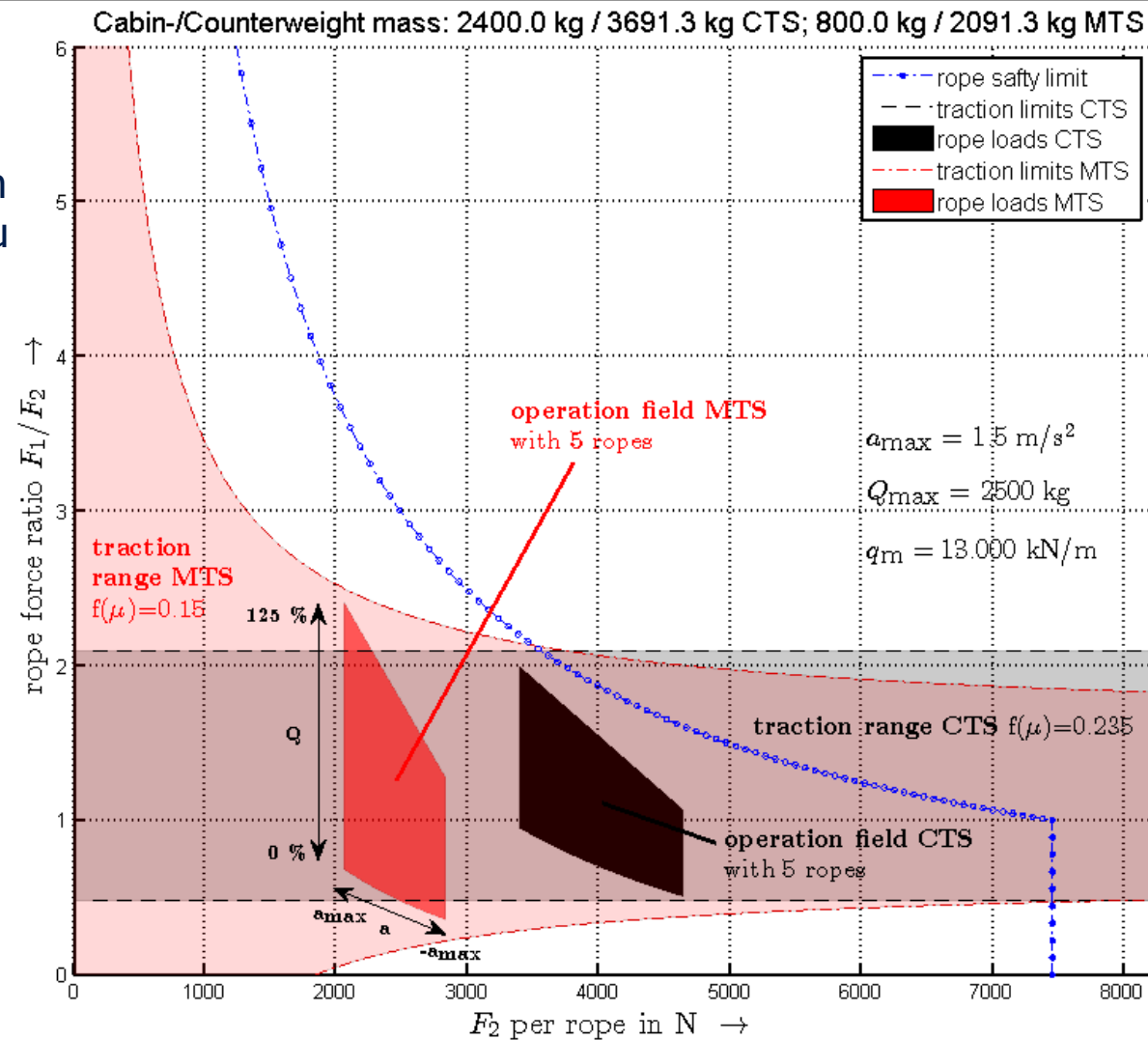
TIA

## Leistungsmerkmale

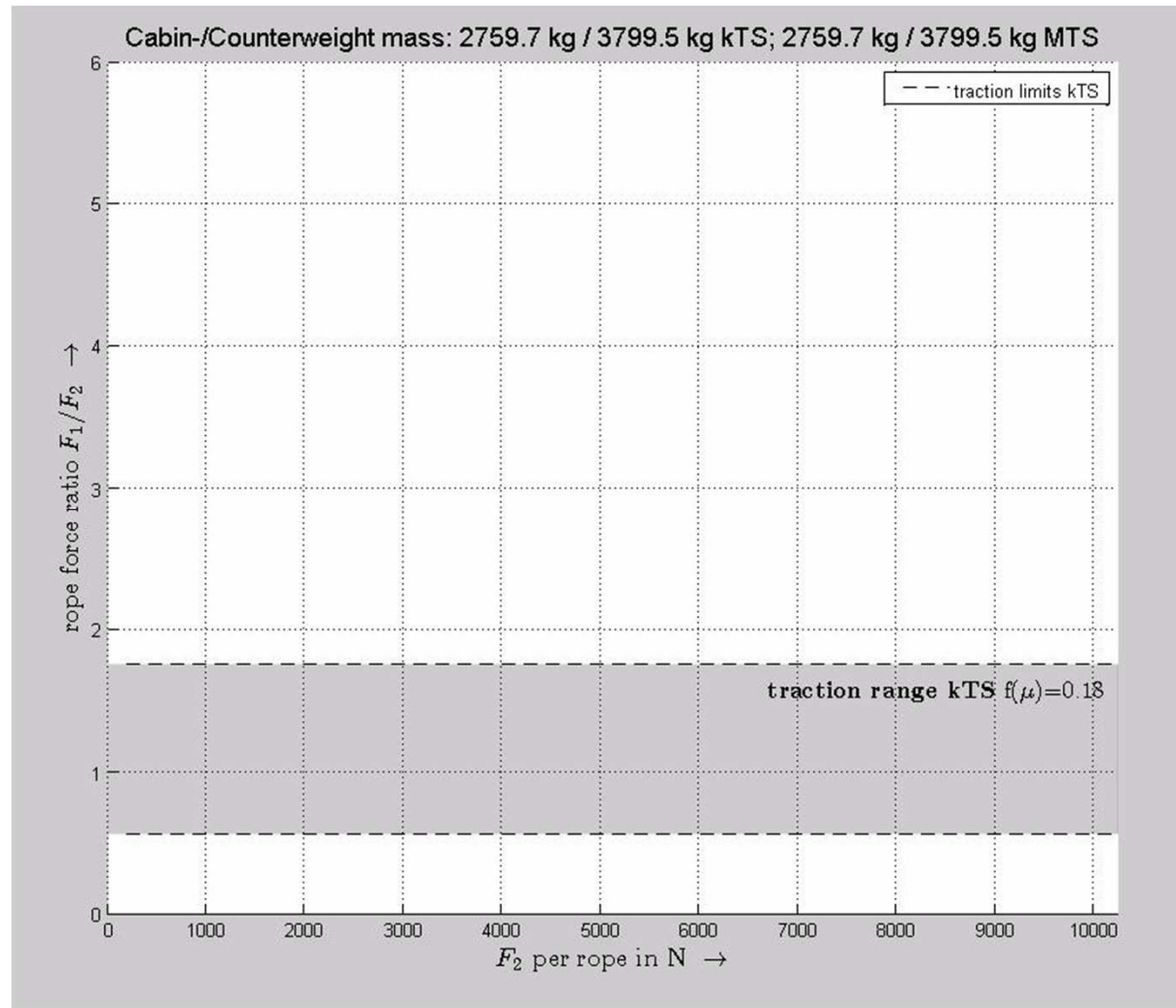
- Dimensionierung von Treibscheibenantrieben in 1:1 und 2:1 Aufhängung, mit und ohne Unterseilausgleich
- Vergleichende Betrachtung der minimalen Fahrkorbmasse für konventionelle und Magnettreibscheibe
- Bestimmung der Parameterempfindlichkeit (Sensitivitätsanalyse)
- Vergleichende Betrachtung der Energieaufnahme bei der Aufzugfahrt



- Ergebnisse in einem Treibfähigkeitsschaubild
- anschaulicher Vergleich mit konventionellen Treibscheiben
- Verdeutlichung des Einsparpotentials

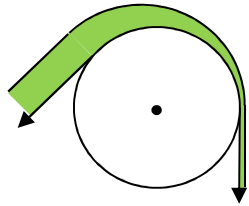


## Beispiel zur Dimensionierung

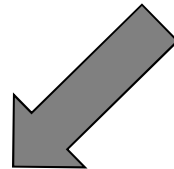




## konventionelle Treibscheibe



Nutzlast	2000 kg
Beschleunigung	1 m/s <sup>2</sup>
Geschwindigkeit	3 m/s
Umschlingungswinkel	180°
Treibscheibenradius	0.265 m
Sicherheitsfaktor	12
Mindestbruchkraft	111.6 kN

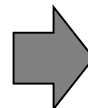


Reibungskoeffizient Seil - Rille	0.18
-------------------------------------	------

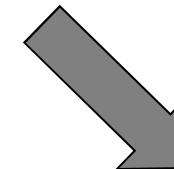
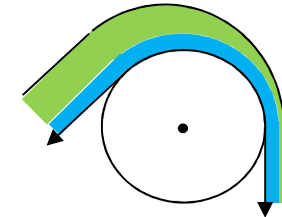
Kabinenmasse	2760 kg
Gegengewicht	3800 kg
Seilanzahl	4

### Einsparung:

**Δ -2 x 2290 kg**



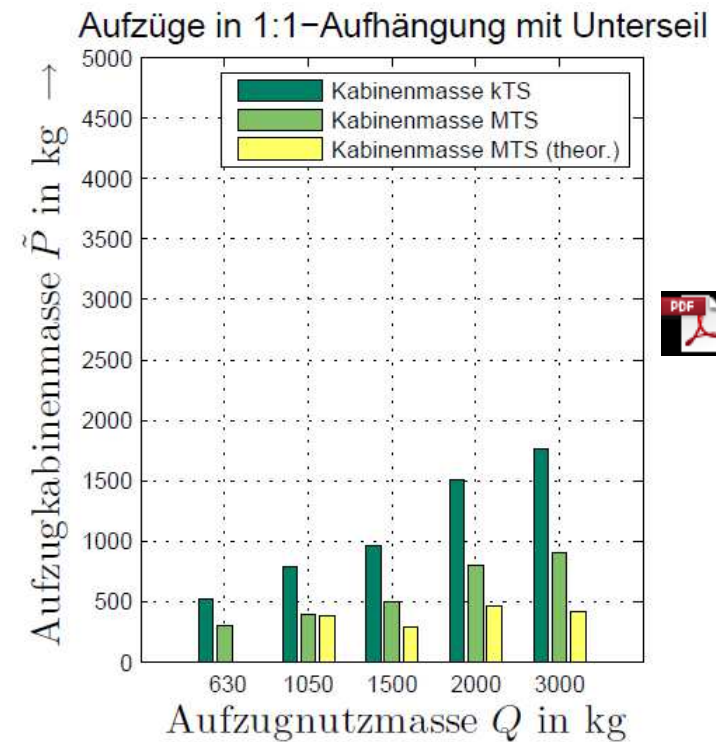
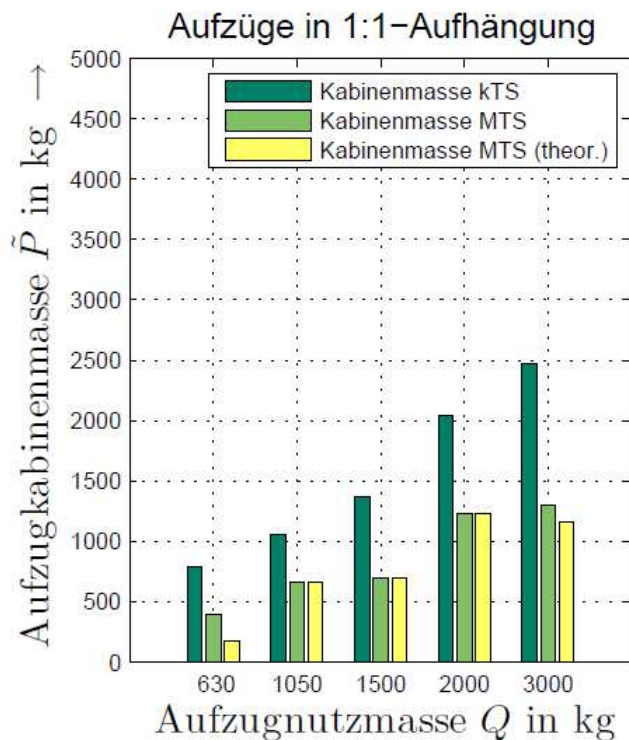
## Magnettreibscheibe



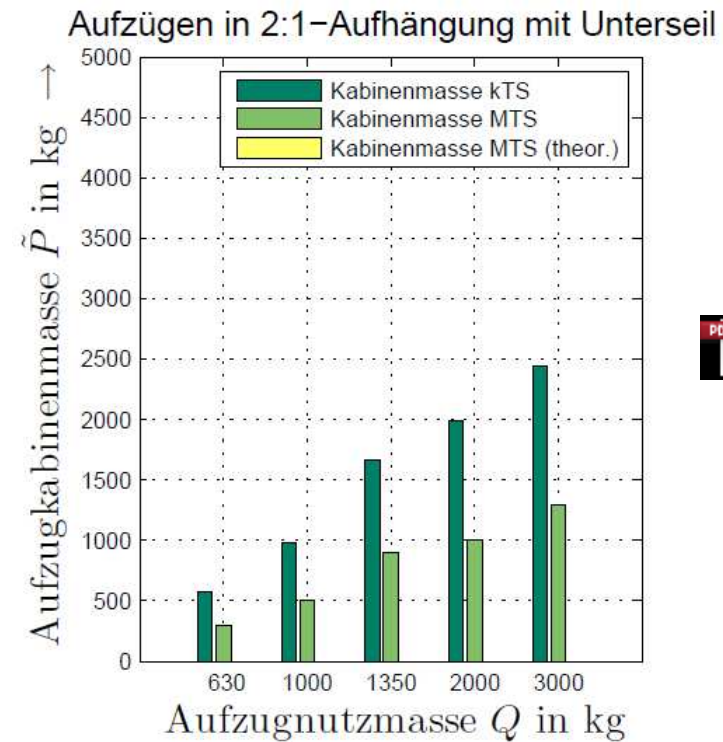
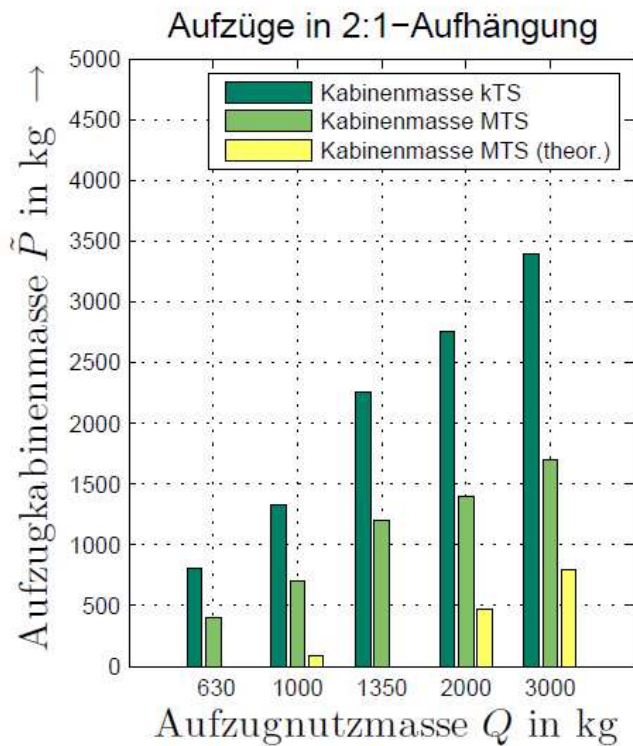
Reibungskoeffizient Seil - Rille	0.15
magnetische Streckenlast	13 kN/m

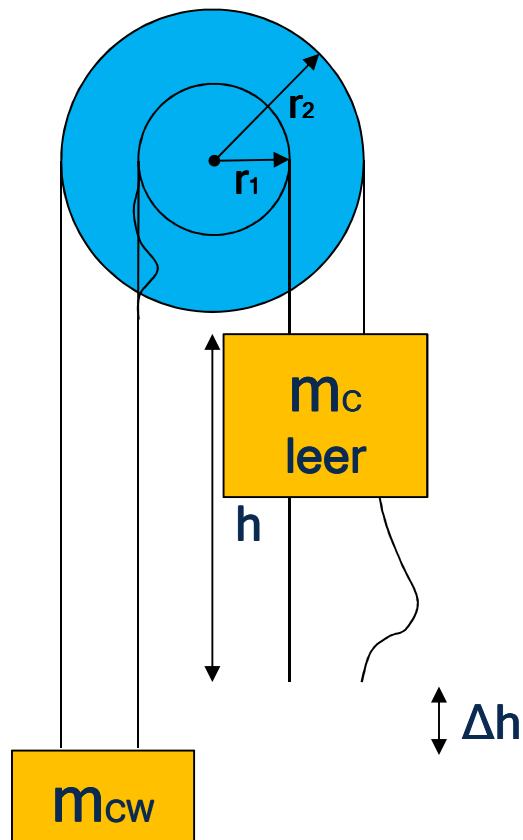
Kabinenmasse	470 kg
Gegengewicht	1510 kg
Seilanzahl	3

## Überblick zum Vergleich verschiedener Treibscheibenaufzüge



## Überblick zum Vergleich verschiedener Treibscheibenaufzüge





- Durchmesser toleranzen der einzelnen Rillen untereinander können bei hohen Hubhöhen zu Schlaffseilbildung einzelner Seile führen
- Anheben der leeren Kabine bei aufsetzenden Gegengewicht ist nun möglich

## Daraus folgende Anforderungen und Aufgaben:

- Seilkraftausgleich z.B. hydraulisch mit ausreichend Wegreserve
- Aufheben der Treibfähigkeit bei aufsetzendem Gegengewicht und leerer Kabine anderweitig gewährleisten z.B. Notaus
- Testung der Magnetteilscheibe bei realen Bedingungen und hohen Hubhöhen

- Konstruktive Grundlagen Magnettreibscheiben sind detailliert vorhanden
- Validierung der Ergebnisse durch experimentelle Untersuchungen im großen Umfang durchgeführt
- Auslegung von Aufzugsystemen gemäß DIN EN 81 mit Magnettreibscheiben – Gegenüberstellung mit konventionellen Treibscheiben
  - Nachweis der Möglichkeiten für signifikante Masseeinsparungen
  - Sekundäre Effekte wie Einsparung von Seilen, kleinere Führungsschienen, Puffer etc. entstehen folglich
  - Energieeinsparungen in Betrieb und Herstellung

## **Fazit:**

- **Magnettreibscheiben führen bei Treibscheibenaufzügen zu Energieeinsparungen durch erhebliche Massereduzierungen infolge des dynamischen Verlaufs der Treibfähigkeit.**
- **Es eröffnen sich neue Möglichkeiten zur Aufzugmontage im Schacht – Heben der Montageplattform/leere Kabine ohne Gegengewicht**

## Forschungsprojekte:



## Veröffentlichungen (Auswahl):

GRÄBNER, P.: Treibscheibe für Hochleistungsreibpaarungen. Patent WO 03/076324 A 1, 7. März 2003.

GRÄBNER, P.: Neue Wege bei der Anwendung des Leichtbaus in der Aufzugstechnik. In: Hebezeuge Fördermittel – Fachzeitschrift für Technische Logistik, Berlin 48 (2008) 5., S. 356-359

HERHOLD, R.; ANDERS, M.; SCHMIDT, T.: Entwicklung optimierter mehrrilliger Treibscheiben für Aufzüge. In: Scheid, Wolf-Michael (Hrsg.): 5. Fachkolloquium der Wissenschaftlichen Gesellschaft für Technische Logistik (WGTL), 2009, S. 59-72. - ISBN 978-3-939473-56-5

SCHMIDT, T.; LEONHARDT, T.; ANDERS, M.: Multiple-Grooved Magnetic Traction Sheaves. In: Progress in Material Handling Research: 2010, 2010

SCHMIDT, T.; ANDERS, M.; LEONHARDT, T.; SIEGEL, A.: Advances in rope drives. In: Bošnjak, Srđan (Hrsg.) ; Kartnig, Georg (Hrsg.) ; Zrnić, Nenad (Hrsg.): XX INTERNATIONAL CONFERENCE ON "MATERIAL HANDLING, CONSTRUCTIONS AND LOGISTICS", 2012, S. 7-12. - ISBN 978-86-7083-763-8



TECHNISCHE  
UNIVERSITÄT  
DRESDEN

Fakultät Maschinenwesen Institut für Technische Logistik und Arbeitssysteme, Professur für Technische Logistik

# Vielen Dank für Ihre Aufmerksamkeit

Dr.-Ing. Thomas Leonhardt  
Dipl.-Ing. Martin Anders

Technische Universität Dresden  
Institut für Technische Logistik und Arbeitssysteme  
Professur für Technische Logistik

Tel.: +49 351 463 32 538  
E-Mail: [tla-logistik@groups.tu-dresden.de](mailto:tla-logistik@groups.tu-dresden.de)  
Internet: <http://tu-dresden.de/mw/tla>

Prof.-Dr.-Ing. habil. Dr. h. c.  
Peter Gräbner

Ingenieur- und Management  
Consulting Prof. Gräbner - IMCG

Tel. 0351 4976923  
[graebner-imcg@t-online.de](mailto:graebner-imcg@t-online.de)

Augsburg, 17. Oktober 2013

Institut für  
Technische Logistik und  
Arbeitssysteme



DRESDEN  
concept  
Exzellenz aus  
Wissenschaft  
und Kultur