

# Technische Anforderungen an Montageklemmen

---

Dr. Stefan Messmer  
Institut für Werkstoff-Fragen und Materialprüfungen  
Industriestrasse 59  
8152 Glattbrugg

1. Ausgangslage
2. Vorgehen
3. Analyse und Ursachen von Seilschäden
4. Grenzen des Einsatzes
5. Mögliche Fehlerquellen
6. Konstruktive Beurteilung
7. Auslegung von Montageklemmen
8. Ausblick

- In den letzten Jahren
  - Einige gravierende Seilschäden
  - Meistens sehr spät erkannt
  - Verschiedene Ursachen, am häufigsten gerutschte Montageklemmen
- Keine Normen und Richtlinien
  - Vielfalt an Modellen
  - Häufig schwierige Einsatzbedingungen



- **Suche nach vergleichbaren Normen**
  - EN 12927-Safety requirements for cableway installations designed to carry persons - Ropes - Part 4: End fixings
  - Zahlenwerte für die zulässige Flächenpressungen
- **Eigene Untersuchungen: Kontaktspannungen**
  - Welche Kontakte sind massgebend?
- **Analyse von Seilschäden**
  - Kann man Schäden von Montageklemmen kategorisieren?
- **Beurteilung der konstruktiven Gestaltung**
  - Welche konstruktiven Formen sind zu bevorzugen?
- **Vermeidung von Problemen mit Montageklemmen**
  - Checkliste

- **Seilschäden als Folge gerutschter Montageklemmen**
  - Zu beobachtende Merkmale (nicht immer alle vorhanden):
    - Anlauf-Farben
    - Kratzspuren
    - verbogene Drähte
    - Kaltverschweissungen und Materialdepositionen
  - Unmittelbar nach dem Ereignis häufig keine Drahtbrüche
  - Metallurgische Analyse zeigt:
    - Reibmartensit an der Drahtoberfläche
    - Bereits kurz nach dem Ereignis Anrisse
  - Weiterer Schadenverlauf
    - Vor allem bei umlaufenden Seilen systematische Entwicklung von Drahtbrüchen
    - In extremen Fällen versagen alle Aussendrähte in sehr kurzem Zeitabstand
    - Bei Tragseilen u.U. Gefahr von Spannungsrisskorrosion
- ▶ Seilschäden als Folge gerutschter Montageklemmen sofort reparieren

# Seilschäden: Ursachen

- **Deformierte Seile**
  - Nicht passende Montageklammern deformieren das Seil bleibend
  - Auswirkungen unklar
- **Deformierte Drähte**
  - als Folge von zu hohen „Flächenpressungen“ (Globale Flächenpressung)
  - Drähte im Seilinneren bekommen Kerben
  - Verursachen markante Anzeigen bei der Prüfung
  - Auswirkungen auf die Lebensdauer des Seils sind unklar
- ▶ **Drei Typen von Schäden**
  - ▶ Zu kurze oder nicht korrekt angezogene Montageklammern rutschen
  - ▶ Nicht passende Montageklammern verursachen Seildeformationen
  - ▶ Zu stark angezogene Montageklammern verursachen Beschädigungen von Drähten

## ● Reibungskoeffizienten

- EN 12927-4 empfiehlt
  - $\mu = 0.13$  bei Tragseilen
  - $\mu = 0.16$  bei Litzenseilen
- IWM empfiehlt aus grundsätzlichen Überlegungen
  - $\mu = 0.13$  für alle Seile

## ● Flächenpressungen (global)

- EN 12927-4 empfiehlt
  - $50 \text{ N/mm}^2$  bei Litzenseilen
  - $150 \text{ N/mm}^2$  bei Tragseilen

## ● Anziehverfahren für Schrauben

- Für die Auslegung der Flächenpressung  $\mu = 0.08$  für Schrauben setzen
- Für die Berechnung der Spannkraft  $\mu = 0.24$  setzen (schwierige Verhältnisse!)
- Unbedingt Drehmomentschlüssel verwenden
- Schrauben über M24 benötigen Anziehhilfen

# Mögliche Fehlerquellen

- **Einsatz unpassender Montageklemmen**
  - Rillendurchmesser / Form müssen auf das Seil abgestimmt sein
  - Runde Klemmrille: Maximal 5% bis 10% über dem Seildurchmesser
  - Genügender Abstand zwischen den Hälften (min. 2 mm)
  - Nicht auf den Seilzug abgestimmt
- **Unkorrektes Anziehen**
  - Unbedingt passenden Drehmomentschlüssel verwenden
  - Schraubenverbindung reinigen und schmieren
  - Schrauben nachkontrollieren und Nachspannen
- **Fehlende Kontrolle der Klemmverbindung**
  - Kontrollmarkierung in Zugrichtung hinter der Montageklemme anbringen
  - Ist die Klemme gerutscht / Sind Schäden zu sehen?
  - Bei Schäden unbedingt einen Spezialisten beiziehen!

- **Prismatische oder runde Klemmrille?**
  - Runde Klemmrille hat einen engen Einsatzbereich
  - Prismatische Klemmrillen sind flexibler einsetzbar
  - Technisch keine eindeutige Präferenz
- **Harte oder weiche Oberfläche**
  - Beide Bauformen haben Vor- und Nachteile
- **Länge von Montageklemmen**
  - Abstimmen auf den Seilzug
  - Berechnung über die zulässige Flächenpressung
- **Konstruktive Besonderheiten**
  - Selbstspannende Montageklemmen verhindern die elementaren Fehler

- **Was sollte nun gemacht werden?**
  - ▶ Überprüfung der Montageklemmen auf Konformität mit der EN 12927-4
  - ▶ Überprüfen der Arbeitsanweisungen für die Montage
  - ▶ Nach allen Seilarbeiten den betroffenen Seilbereich visuell zu kontrollieren (die magnet-induktive Seilprüfung findet Folgeschäden erst sehr spät!)
  - ▶ Information der Monteure über
    - ▶ Anziehungsmomente und Anziehverfahren
    - ▶ Seilzüge
    - ▶ Visuelle Seilkontrolle
    - ▶ Vorgehen nachdem Schäden festgestellt wurden
    - ▶ Fehler können passieren > Motivation der Monteure, Fehler zu melden!