

Konferenz der Seilexperten in Stuttgart

Von der Entwicklung bis zur Ermittlung

„Innovative Ropes and Rope Applications – A celebration of 175 years of wire ropes“ waren die Themen der OIPEEC-Konferenz 2009, die gemeinsam mit dem 3. Internationalen Stuttgarter Seiltag des IFT der Universität Stuttgart am 18. und 19. März 2009 veranstaltet wurde. Die Konferenz und der Seiltag würdigten besonders das Wirken von Oberbergrat Wilhelm August Julius Albert, der im Jahr 1834 die von ihm erdachten und hergestellten „Eisendrahtseile“ erstmalig zur Erzförderung im Schacht der Grube Caroline bei Clausthal im Harz statt der bis dahin üblichen Ketten einsetzte. Nach 175 Jahren systematischer Entwicklung, Herstellung, Anwendung und Erforschung der Stahldrahtseile zeigten die Beiträge der Tagung, dass jetzt auch Seile aus Kunststoffen höherer Festigkeit und ihre Anwendung verstärkt betrachtet werden.

Zur Konferenz kamen 215 registrierte Teilnehmer aus 28 Ländern. Nach der Eröffnung durch Professor *K.-H. Wehking*, Leiter

des Instituts für Fördertechnik und Logistik (IFT) der Universität Stuttgart, begrüßte der Rektor der Universität, Magnifizenz Professor *W. Ressel*, die Tagungsteilnehmer und würdigte besonders das seit 1927 erfolgreiche Wirken des Instituts auf dem Gebiet der Drahtseile, das die Herstellung, die Anwendung, die Inspektion und die Erforschung in ihren Wechselwirkungen umfasst.

Der bisherige Präsident der OIPEEC, *R. Verreet*, Aachen, stellte in einem kurzen Vortrag den Umfang und das Wirken der Organisation für den sicheren Einsatz qualitätsgerecht hergestellter Seile vor. Als Nachfolger im Präsidentenamte wurde *K. Buschmann*, Ontario, gewählt.

Der Gastgeber, Professor *K.-H. Wehking*, erläuterte in seinem Einführungsvortrag die Struktur und die wissenschaftliche Arbeitsbreite des IFT in Lehre, Forschung und Anwendung, wobei er auch an die besondere Geschichte der Seilwissenschaft und der Seilanwendung seit den ersten Biegewechselversuchen durch *Woernle* ab 1927 erinnerte. Zu den Etappen gehören u. a. die DIN 15020, die Richtlinie VDI 2358, die statistische Auswertung der Biegewechselversuche von *Woernle* mit den Konstanten und Faktoren der Lebensdauerformel von *Feyrer*



Roland Verreet



Prof. Karl-Heinz Wehking

sowie die systematische Fortsetzung der Untersuchungen und Auswertungen für die Zug-schwellbeanspruchung und für die Bedingungen bei Mehrlagenspaltung auf Seiltrommeln, ebenfalls die FEM-Modellierung von Seilkonstruktionen. Neben den Varianten der magnetinduktiven Seilprüfung wurde eine neue Einrichtung mit Digitalkameras zur Dokumentation der am Seilumfang sichtbaren Schäden entwickelt. Als neue Felder zeigen sich die Seiltechnologie für die Offshore-Anwendung bis zu 3 000 m Wassertiefe bei Zug-schwellbeanspruchung sowie die Untersuchung von Seilen aus



Knut Buschmann



Die „Alte Reithalle“ in Stuttgart bot das passende Ambiente für die Konferenz

OIPEEC

Die OIPEEC – Internationale Organisation zum Studium der Betriebsfestigkeit von Seilen – ist die Vereinigung von Interessenten an allen Aspekten der Herstellungstechnologie, der Auswahl, der Schädigung, der Inspektion, des Ermüdungsverhaltens und der Ablegereife als Grenzzustand der Trag-sicherheit und Gebrauchstauglichkeit von Seilen.

Der OIPEEC gehören gegenwärtig 130 Mitglieder aus über 30 Ländern aller Kontinente an (www.oipeec.org). Präsident ist *Knut Buschmann*, Mississauga (Ontario, Kanada), der auf der OIPEEC-Konferenz 2009 in Stuttgart als Nachfolger von *Roland Verreet* gewählt wurde.

der Ablegereife

Kunststoffen höherer Festigkeit. Die Anwendung von Seilen in Verbindung mit Sensoren und Aktoren für intelligente, auf wechselnde Belastungen reagierende Membranstrukturen wurde als Vision vorgestellt.

Breites Themenspektrum

An den zwei Konferenztagen wurden in sechs Sessions spezielle Themenkomplexe behandelt. Welche Schwerpunkte die einzelnen Referenten vermittelten, soll nachfolgend in Kurzform wiedergegeben werden.

1. Drahtseilgeschichte

M. J. Cotte stellte die Entwicklung dünner Drähte durch Marc Seguin & Co. für Kabel zum Brückenbau im Rahmen der Industrialisierung in den Jahren ab 1821 im Rhonetal dar.

D. St. Germain ging von den Kriterien für synthetische Hebeschlängen aus und zeigte die ab etwa 1936 mit Nylon beginnende Entwicklung, die sich über Kevlar® bis hin zu höherfesten Synthetikfasern (z. B. Dyneema®, Vectran®, K-Spec®-Faser) mit deutlichen Gewichtsvorteilen der Hebeschlängen gegenüber Stahlschlagseilen fortgesetzt hat.

2. Neuheiten in Seilproduktion und -anwendung

A. Carbogno et al. beschrieben die Herstellung, die Untersuchung und die Kennwerte der

statischen und dynamischen Beanspruchung und Beanspruchbarkeit von Stahlunterseilen mit Gummiummantelung und ihre Endbefestigungen für Schachtförderanlagen.

B. Pouladian zeigte mit Bezug auf das ursprüngliche „Albertseil“ die Entwicklung und Untersuchung drei- und vierlitziger Drahtseile mit verdichteten Litzen und nachverdichtetem Seilumfang mit ihren besonderen Eigenschaften der Drehungsarmut und des Korrosionswiderstandes. Sie finden vielfältige Anwendungen auf Turmkränen, für Tiefwasserankerung und andere Tiefwassereinsätze, für tiefe Schachtförderanlagen und für Hubschrauber-Windenkabel.

P. Smeets et al. zeigten in interessanten Vergleichen von Untersuchungsergebnissen und Anwendungsbeispielen die Einsatzmöglichkeiten von Seilen bis 60 mm Durchmesser aus HMPE (High Modulus Polyethylene)-Fasern an Stelle von Drahtseilen für besondere Bedingungen, z. B. bei großen Längen, hohen Seilkräften, Treibscheibenantrieben und Mehrlagenwicklung auf Seiltrommeln.

W. Vogel und *W. Scheuermann* behandelten den Einsatz dünner Drahtseile in speziellen Aufzugkonstruktionen mit Treibscheibenantrieb zwischen Kabine und Gegengewicht. Der Antrieb mit V-Rillen und die Seilenden mit kompakten einsträn-



gigen Pressverbindungen sind dabei im Schachtkopf angeordnet, die Seilkräfte werden mit Seilkraftgebern gemessen, die Drahtbruchentwicklung und die Durchmesserminde- rung sollen überwacht werden.

3. Dimensionierung der Seiltriebe und Berechnung der Seilbetriebsdauer

P. Dietz et al. zeigten den Einfluss der Längs- und Querdehnung unterschiedlicher Seilkonstruktionen aus Stahldraht oder hochfesten Synthetikfasern – auch mit Seileinlagen aus hochfesten Synthetikfasern – auf die Beanspruchung der Seiltrommeln und Trommelbordscheiben, besonders bei Mehrlagenspulung.

O. Gronau und *G. Steinbach* stellten die Interaktion von Sicherheitsfaktor und zugeordnetem Durchmesser Verhältnis der Seiltriebelemente in Wertepaaren für die „ausreichende Aufliegezeit“ bei der Dimensionierung der Seiltriebe dar. Für die Wertepaare können mit den Methoden „Leipzig“ (*Jehlich/Steinbach*) und „Stuttgart“ (*Feyrer*) die ertragbaren Biege- wechselzahlen der Drahtseile rechnerisch abgeschätzt werden. Die Wertepaare der neuen Vornorm für die Seiltriebe der Krane entsprechen den bisherigen Normen, im Betriebsfestigkeitsnachweis werden aber Biege- wechselzahlen berechnet, die weit über den Methoden „Leip-

zig“ und „Stuttgart“ liegen und von den Drahtseilkonstruktionen nicht erreicht werden können.

O. Vennemann und *B. Ernst* betrachteten die Entwicklung eines integrierten Monitoring-Systems für den besonderen Tiefwasser-Einsatz drehungsarmer Seilkonstruktionen bis zu 3 000 m Meerestiefe und die Berechnung der Seillebensdauer in Verbindung mit Biegewechselversuchen und Biegewechselzahlberechnungen nach der Methode „Stuttgart“ (*Feyrer*).

4. Seile auf Treibscheiben-Antrieben, Seil-Endverbindungen

R. Ashkenazi beschrieb die Versuche und Ergebnisse zur Treibfähigkeit und zum Einfluss auf den Verschleiß und die Restbruchkraft synthetischer Faserseile nach der Biegewechselbeanspruchung in einem Aufzugsversuchsstand.

O. R. Berner fasste für mehrere Seilkonstruktionen die Ergebnisse der sichtbaren Schädigung durch Drahtbruchentwicklung auf unterschiedlichen Seilrillenformen zusammen. Einbezogen wurden dabei die Seilkraftverhältnisse in Treibscheibenaufzügen mit Bezug auf EN 81-1, unterschiedliche Drahtbruchzahlen und Durchmesser-minderungen bei Ablegereife und auf die Biegeweschelfaktoren der Berechnungsmethode „Stuttgart“ (*Feyrer*).

D. Raupp behandelte mit Bezug auf die geschichtliche Entwicklung die Tragfähigkeit und das Ermüdungsverhalten von Spiralseilen aus verzinkten und aus rostfreien Drähten in einsträngigen Pressverbindungen mit Angabe von Konstanten zur Berechnungsmethode „Stuttgart“ (*Feyrer*) und im Vergleich zu Kunststoffverguss in Seilhülsen.

5. Ermüdungsverhalten und Ablegkriterien von Drahtseilen

U. Briem erweiterte mit einem interessanten Modell zur vollständigen Beschreibung des Ermüdungsverhaltens der Drahtseile unter Biege-, Zugschwing- und Torsionsbeanspruchung die Berechnungsmethode „Stuttgart“ mithilfe von Ellipsoidflächen und



Großes Interesse fand die Besichtigung der IFT-Laborhallen, wo u. a. Einrichtungen zur Erforschung und Untersuchung von Drahtseilen gezeigt wurden

(Bilder: IFT)

darauf liegenden Linien konstanter Biegewechselzahl.

J. Kowalski et al. betrachteten mit Bezug auf Seilbahnseile das gegenüber den Seilen mit Faser-einlage veränderte Schädigungsverhalten der modernen Seilkonstruktionen und zeigten Methoden und Systemvorschläge für die gerätetechnische Inspektion der sichtbaren Drahtbruchentwicklung und der Veränderungen von Seildurchmesser und Schlaglänge im Rahmen von Monitoring-Systemen.

B. Longatti behandelte am Beispiel eines Vorfalles auf der Schilthorn-Seilbahn die daraus folgenden Untersuchungen und die vielfältigen Zusammenhänge für die Inspektion und den sicheren Betrieb von Drahtseilbahnen.

F. Sloan stellte die Eigenschaften unterschiedlicher Varianten von Kunststoffen für Faserseile und ihre Beanspruchung im Seil und an Seiltriebelementen dar.

J. van Rensburg et al. zeigten die stark streuende Betriebsdauer von Dreikantlitzenseilen auf besonderen Zweiseil-Trommelfördermaschinen mit Zweilagentwicklung für 2 043 m Teufe. Die

für eine andere Seilkonstruktion als Garantie offerierten Förderzyklen wurden nicht erreicht. Ursache waren konzentrierte Drahtbruchentwicklungen in der ersten, nicht abgespulten Trommelseillage durch zu geringe Radien der Trommelrillen, die bei der Überkreuzung mit der zweiten Lage von der geänderten Seilkonstruktion nicht toleriert wurden.

6. NDT, FEA, Zustandsveränderung und Schadens-mechanismen

A. Canova et al. erläuterten die Zusammenhänge zwischen Seilkonstruktionen und dem Aufbau eines für die Induktionssignale und für die Querschnittsmessung ausreichenden Magnetfeldes bei der Entwicklung magnetischer Messgeräte in handhabbarer Größe.

H. Usabiaga und *D. Durville* behandelten mit Rückblick auf die Anwendung bei Drahtseilen die Methodik der Finite-Element-Analyse (FEA) für die komplexen Zusammenhänge in der Seilkonstruktion und bei der Lage des Seiles in der Seilrille auf der Seilrolle.

Allgemeines Fazit

Alle Vorträge boten eine große Datenfülle für zielgerichtete Auswertungen durch interessierte Anwender oder für weitergehende Informationen. Hervorzuheben sind ebenfalls die vorzügliche und reibungslose Organisation, der optimale Konferenzraum „Alte Reithalle“ mit einer großen Bildfläche für die Präsentationen sowie die von den Referenten strikt eingehaltenen Redezeiten. Auch das Konferenz-Dinner am ersten Tag fand großen Anklang – nicht nur wegen der Auftritte von Bauchredner und Seiltänzerin. Interessiert folgten die Teilnehmer dem Dinner-Vortrag von *D. A. Sayenga*, der einen umfassenden internationalen Überblick über die Geschichte der Seilentwicklung und Seilanwendung gab.

Der von der OIPEEC und dem IFT der Universität Stuttgart herausgegebene Konferenzband mit den vollständigen Referaten kann per Internet bestellt werden unter den Adressen www.oipeec.org und www.uni-stuttgart.de/ift.

Dipl.-Ing. G. Steinbach