

Erfahrungen mit Lastseilen aus hochfesten Textilfasern



Konstantin Kühner, Urs Schneider – Jakob AG Trubschachen
ERFA Tagung, 23.11.2018, Alpnach

Inhalt

1. Grundlagen Faserseile und Materialien
2. Vor- und Nachteile gegenüber Drahtseilen
3. Zulassung, Kontrolle und Wartung
4. Zusammenfassung und Ausblick



1. Grundlagen - Geschichte

- Erste Hanfseile 2800 vor Christus
- Höhepunkt Schifffahrt im 17. Jhdt.
- **1834 Erfindung des Drahtseils**
- 1889 Weltausstellung Paris: Kunstseide
- 1930er Jahre Erfindung von Perlon, Nylon, später Polyester
- Aufschwung nach dem 2. Weltkrieg
- Hochfeste Fasern
 - ab 1960 Aramid
 - ab 1980 Dyneema

DEUTSCHE DEMOKRATISCHE REPUBLIK



Chemie für Frieden
und Sozialismus

KEVLAR[®]

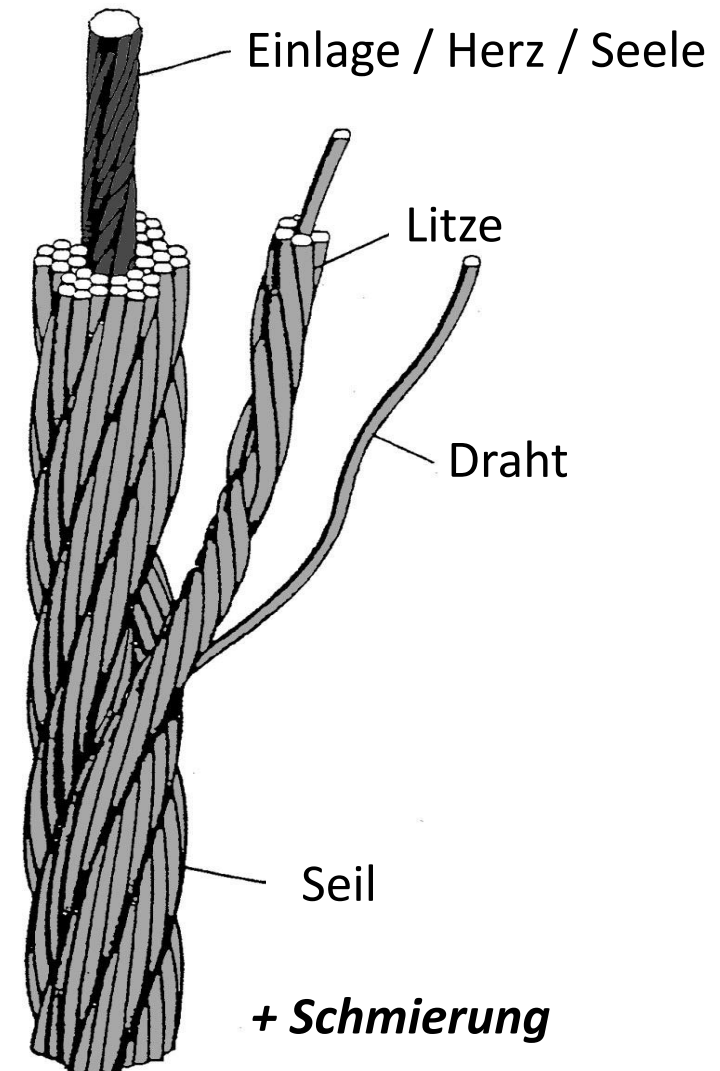
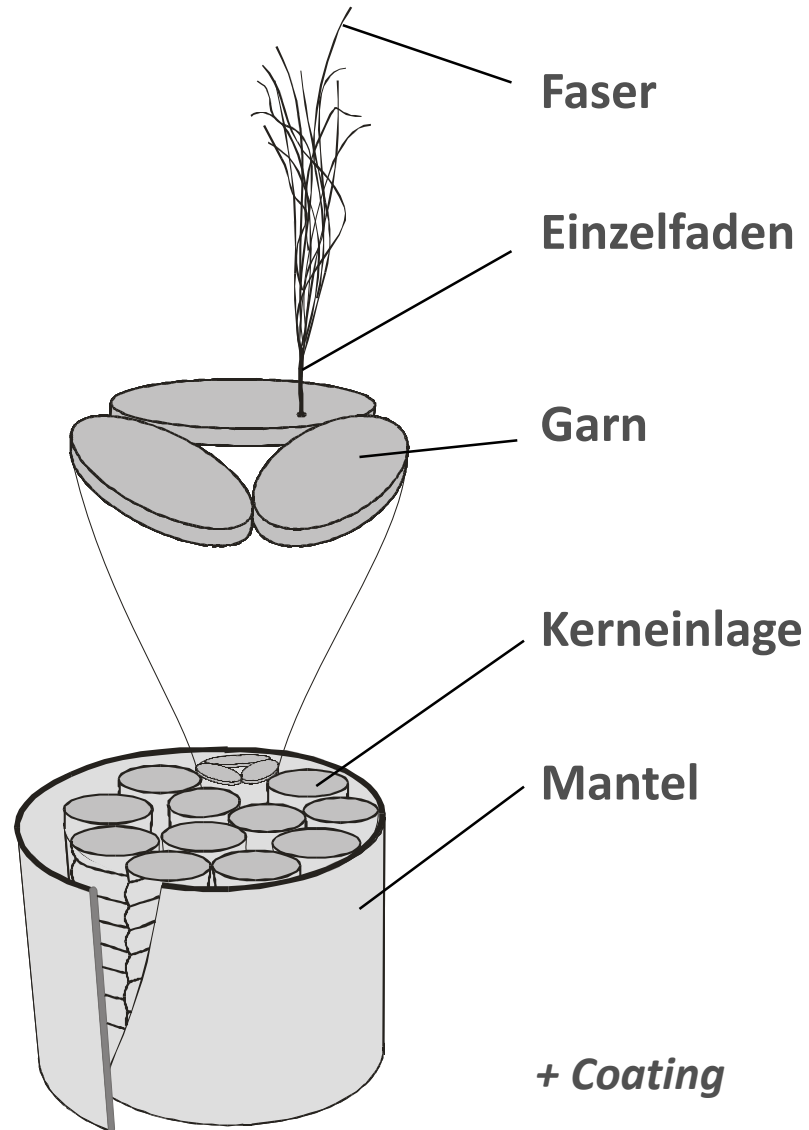


Dyneema[®]

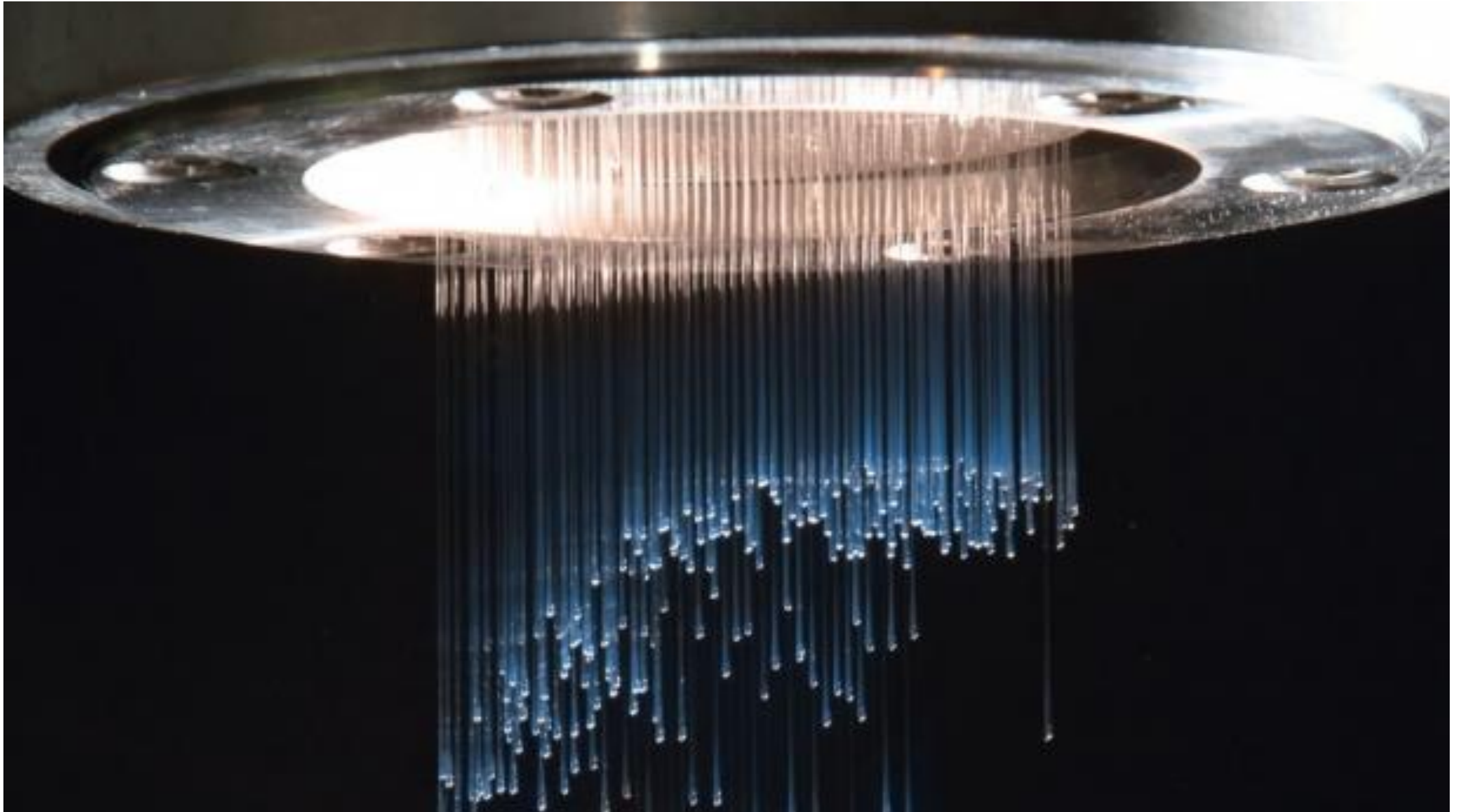
Technora[®]

The power of Aramid

Aufbau Faserseil und Drahtseil

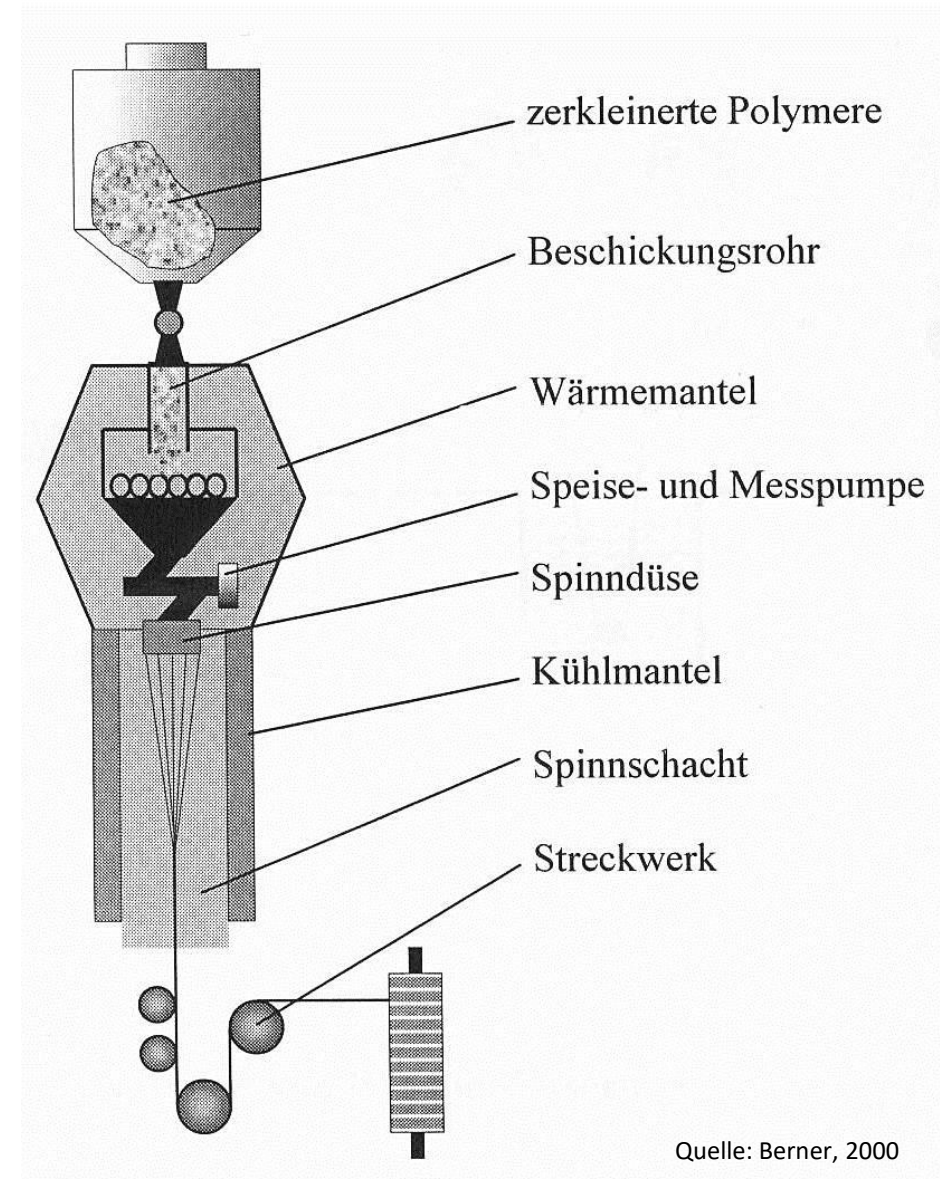


Herstellung von Fasern und Faserseilen



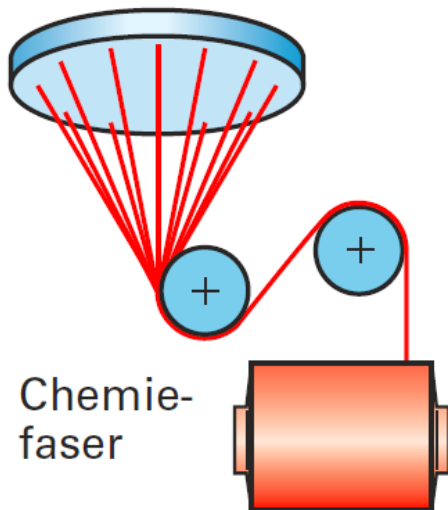
Herstellung der Faser

- Verarbeitung der Kunststoffe zu Fäden bzw. Fasern z.B. im Trockenspinnverfahren
- Festigkeit der Faser wird durch das nachgeschaltete Strecken der Fäden gesteigert.
- Teil der noch amorphen Struktur wird in kristalline Struktur überführt
- Faser wird somit auch spröder (Abnahme der Bruchdehnung)



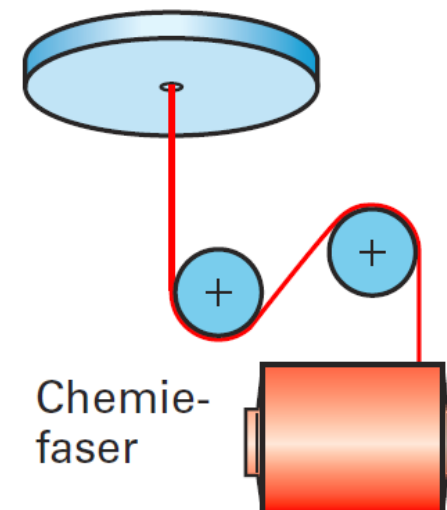
Herstellung der Faser

Fachwissen Bekleidung, 2013



Multifilamentgarn

Bei einem **Multifilamentgarn** aus zellulose-schen oder synthetischen Chemiefasern werden die Filamente einer Mehrlochdüse mit oder ohne Drehung zusammengefasst.



Monofilamentgarn

Ein **Monofilamentgarn** besteht meist aus synthetischen Chemie-fasern. Es ist ein einzelnes Filament (Monofil).

Beschichtung mit Coatings

- Ähneln der Funktion von Schmiermitteln bei Drahtseilen:
 - Herabsetzung der inneren Reibung (weniger Verschleiß, weniger Erwärmung)
 - Schutz vor UV-Licht
 - Erhöhter Schutz gegen äußeren Verschleiß
- Wachs- bis Gummiartige Konsistenz auf Fasern (innen) bzw. Seil (außen)
- Hohe Marktvielfalt an Produkten („eigene Kochrezepte“)

i-coats.be

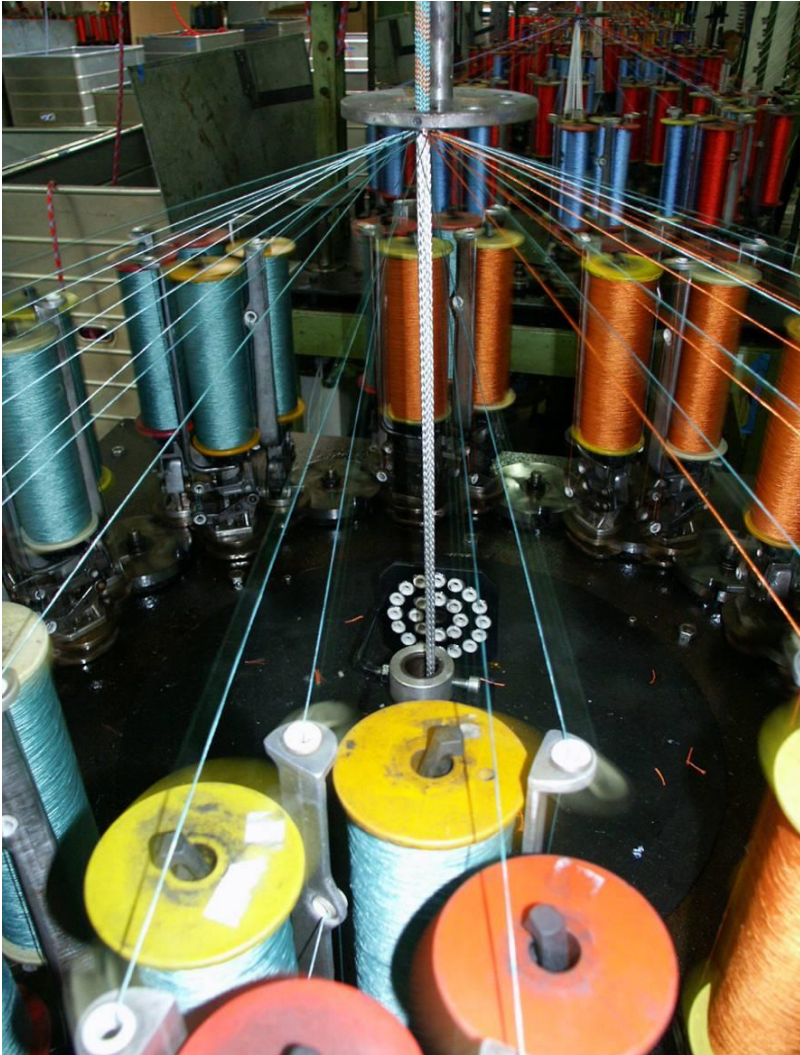


yeskey.com



Flechten und Ummanteln des Seils

edelrid.de



marinetechnologynews.com



Vergleich der üblichen Faserwerkstoffe

High Performance Werkstoffe					
Material (Handelsname)	Dichte [g/cm ³]	Bruchfestigkeit [N/mm ²]	Reißlänge [km]	Bruchdehnung [%]	Hitze- beständigkeit [°C]
Hochmodulares Polyethylen (Dyneema SK 78)	0,97	3.600	369	3,8	140
Polyester (Vectran)	1,04	3.200	211	3,3	330
Hochmodulares Polyamid / Aramid (Technora, Twaron, Kevlar)	1,04-1,45	3.600	256	3,4	450-500
Konventionelle Werkstoffe					
Polyester	1,40	600	40-55	15-25	235
Polypropylen	0,90	500	9	15-25	160

Drei wichtige Werkstoffe für textile Seile und Schlingen

Polyester

wird in Anschlagschlingen, Bergsportseilen und anderen manuellen Anwendungen eingesetzt

Aramide

können nur begrenzt im Freien eingesetzt werden (UV-Empfindlichkeit), dafür sehr hohe Temperaturbeständigkeit

Dyneema

ist nahezu unempfindlich gegen UV-Strahlung, jedoch begrenzter Temperaturbereich unter 100°C



ara-arbeitsschutz.de



basislager.de

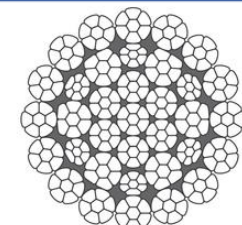
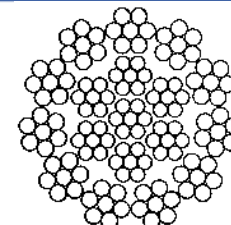
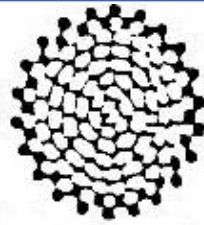
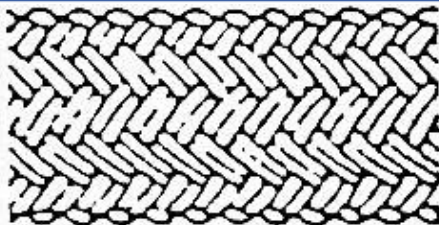
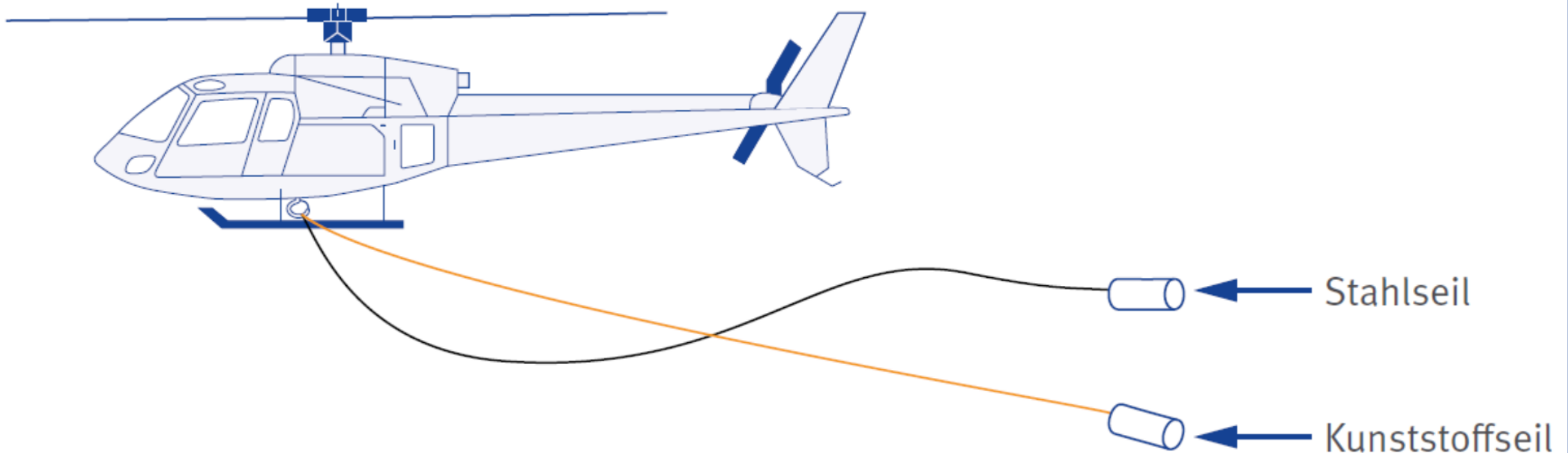
Vergleich Faserseil mit gleichwertigem Stahlseil

im Logging-Betrieb nach DGUV 214-911

	Drahtseil	Faserseil
Tragkraft	2 Tonnen / 20 kN	
Sicherheitsfaktor DGUV 214-911	6,30	9,17
Abzug Endverbindung	10%	20%
Mindestbruchkraft	140 kN	229,3 kN
Seildurchmesser	14	20
Metergewicht	0,91 kg	0,23 kg
Seilkonstruktion	16 NR	16er Geflecht ummantelt
Material	Verzinkter Stahldraht 1960 N/mm ²	Dyneema SK 99 (Kern) Technora / Polyester (Mantel)
Gewicht bei 40m Länge	36,4 kg	9,2 kg

2. Vor- und Nachteile gegenüber Drahtseilen

Auffliegen (Kunststoff- und Stahlseil)



Vorteile Faserseile

- extrem leicht
- biegeschlaff und drall-frei, schnelles Handling*
- strömungsfreundliche Oberfläche („Golfball“-Effekt)



golfbaelle.de

Vorteile Faserseile

- keine Korrosionsanfälligkeit
- Kern-Mantelsystem schützt den tragenden Bereich und zeigt Beschädigung an
- geringere Verletzungsgefahr
- kleinere Biegeradien bei höherer Lebensdauer gegenüber Stahldrahtseilen realisierbar



Nachteile von Faserseilen

- Bewusstes Handling durch geschultes Personal erforderlich
 - Korrekt aufrollen und Lagern
 - Schürfen, Klemmen und Kantenschnitte vermeiden
 - Sanft reinigen, nicht „kärchern“
 - Langzeitverhalten >10 Jahre noch weitestgehend unbekannt
- Beurteilung von Schäden erfordert Erfahrung
 - Wann ist ein Faserseil ablegereif?
 - Wie sieht es im Innern aus?
 - War ein Ereignis schlecht für das Seil?



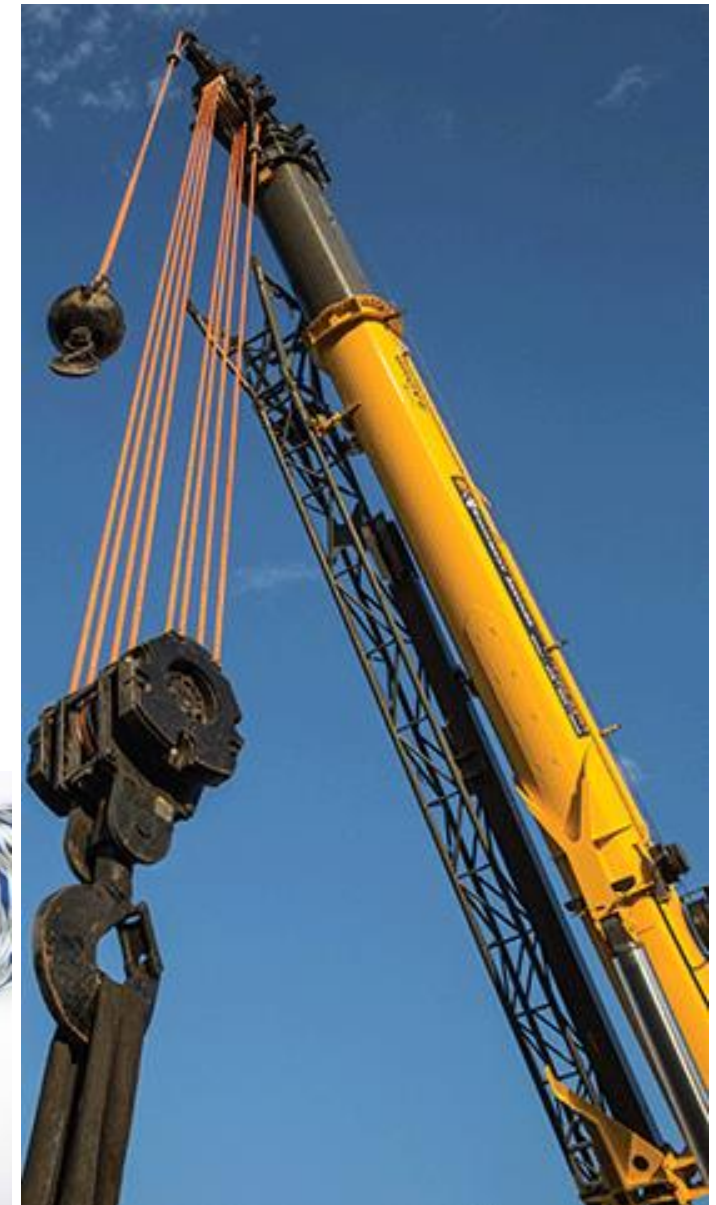
Neues Verhalten durch Faserseile

Kranführer über Liebherr /
Teufelberger solite[®] bzw. Samson K-100:
„ich musste das Kranfahren neu lernen“

- ➡ anderes Feder- und Dehnungsverhalten
- ➡ andere Schwingungen
- ➡ andere Stoßübertragung



teufelberger.com



fulford.ca

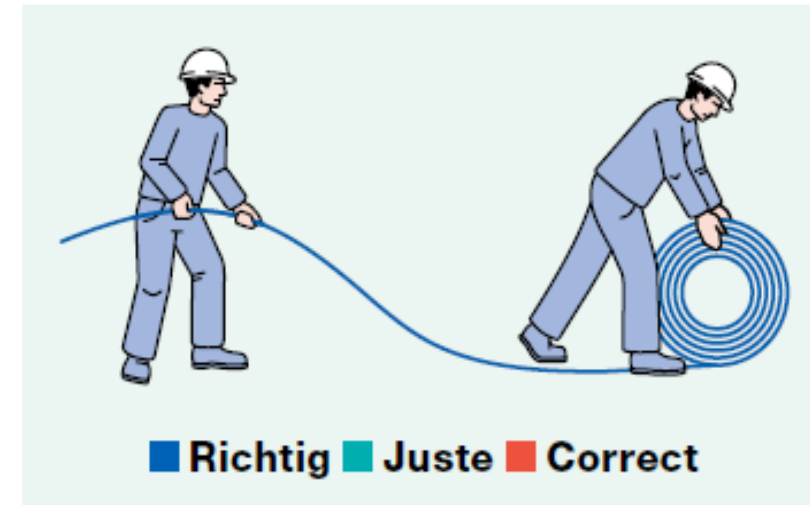
Einsatz und Handhabung im Flugbetrieb

Vorbereitung:

- Seil kontrollieren
- sauber abrollen und auslegen
- evtl. Verdrehungen herausdrehen

Anbindung und Einsatz:

- Scharfe Kanten mit Schutz unterlegen
- Kontakt zu rauen Materialien meiden
- Seil nicht unnötig über Boden ziehen
- Staubeintrag vermeiden



seilerei.ch



topart-media.de

3. Zulassung, Kontrolle und Wartung

Zulassungsprozess:

- Einhalten der geforderten Sicherheitsfaktoren und Normen
- Nachweis der ausreichenden Zugsicherheit
- Dokumentation / Betriebs- und Wartungsanleitung
- Erprobung im Feld



Prüfung und Überwachung

Zerstörende Prüfung:

- Zugversuch
- Zugschwellversuch
- Biegeversuch
- Alterung, Lichtbeständigkeit, Quellverhalten



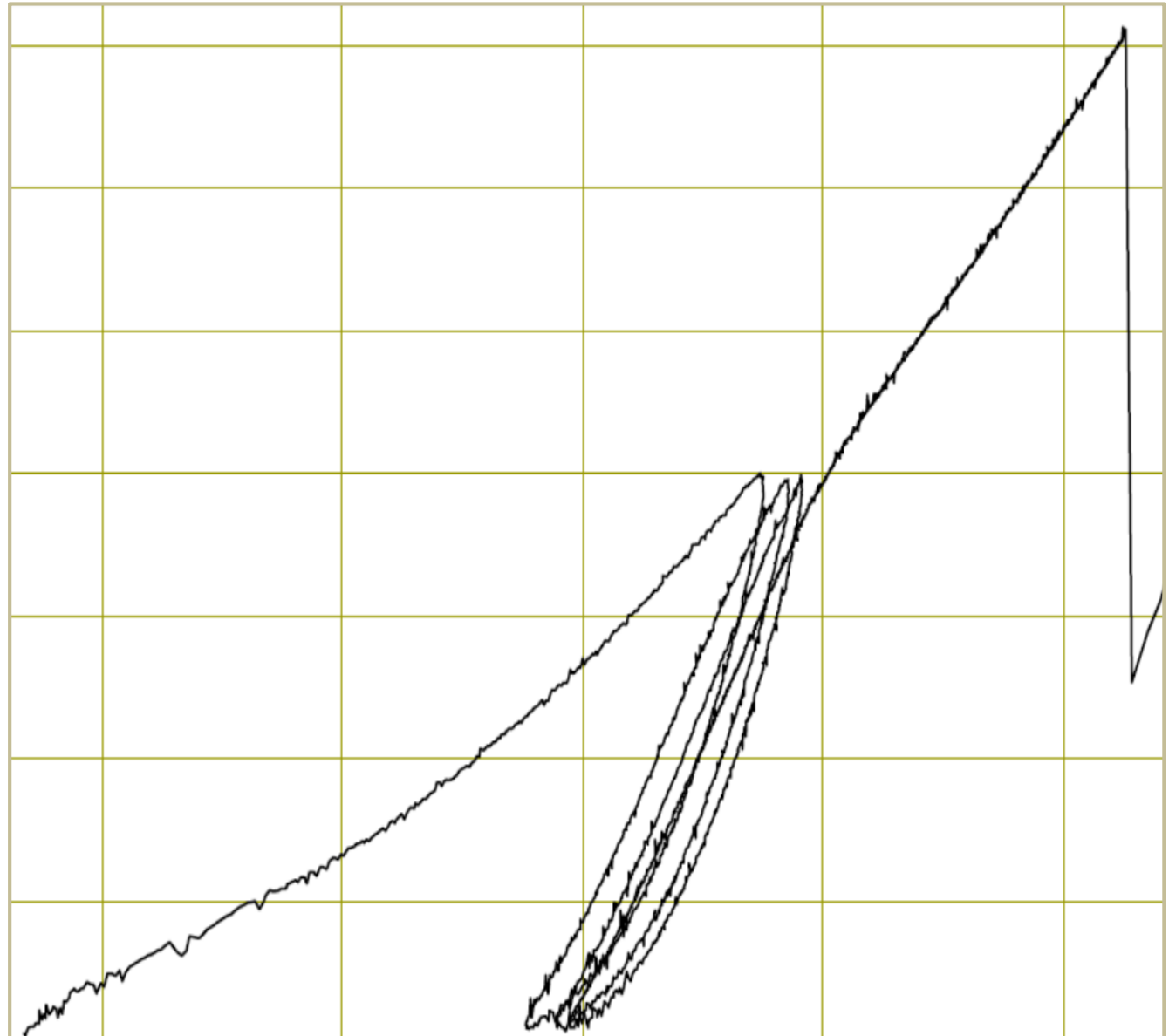
Zerstörungsfreie (wiederkehrende) Prüfung:

- Sichtprüfung
- Durchmesser
- Längung / Dehnung
- Referenzstück oder -Seil zerreißen



Zentrale Frage: Wie kann Verschleiß sicher erkannt werden?

Zugversuch: Kraft-Weg Diagramm (ISO 2307)



Film Zugversuch IFT Universität Stuttgart

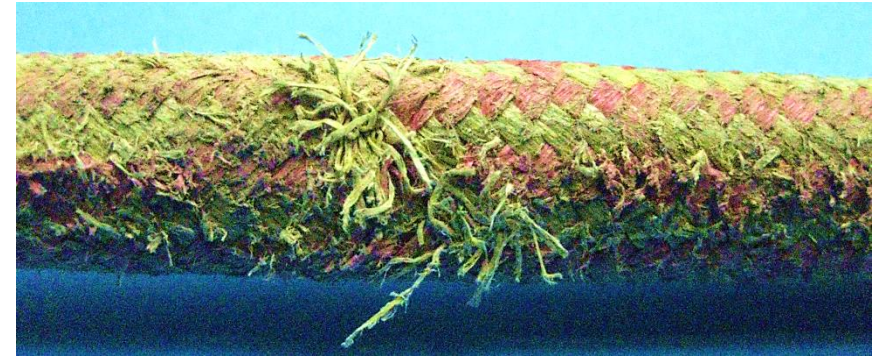


Überwachung - wie verschleißt ein Faserseil?

- Verschmutzung
(z.B. Öle, Fette, Stäube und Sand)
- Chemikalien
- Strahlung & Hitze
- Seilverformung
(z.B. Kanten, Querkräfte & Ovalisierung)
- Abnutzung und Bruch einzelner Fasern

Vorsicht bei Lagerung und Handhabung:

- Leichtes Eigengewicht und Flexibilität laden zu sorglosem Umgang ein
 - Verdrehte Faserseile entwickeln kein Rückstellmoment und bleiben verdreht
- > ungleiche Lastverteilung im Seil



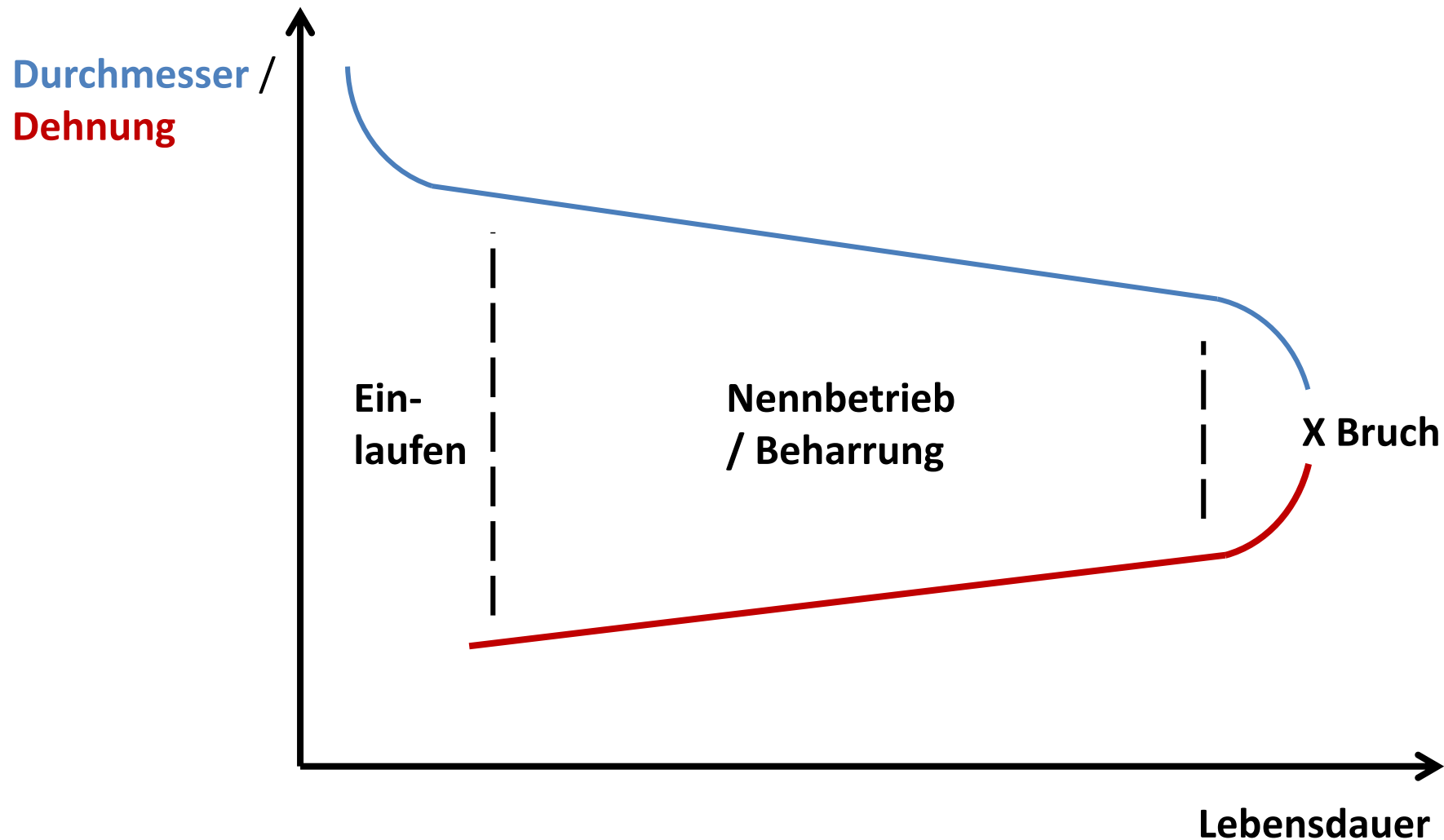
Erkennung der Ablegereife

- Drahtbruchzählung nicht möglich
- Mögliche Kriterien (VDI2500):
 - Fransenbildung, Garn- & Litzenbrüche
 - Quetschungen, Klankenbildung
 - Zustand der Endverbindungen
 - Betriebsstunden / Einsatz-Zeitraum
 - Durchmesserverlust
 - Dehnung
 - ...



Erkennung der Ablegereife

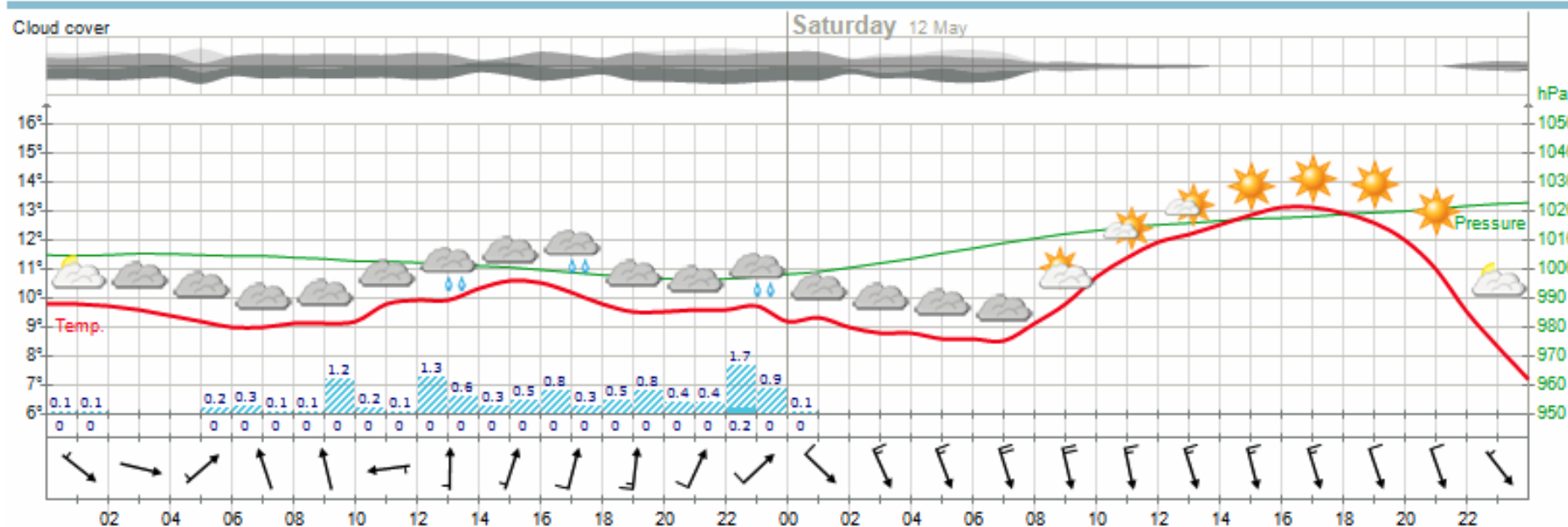
Faserseile – Ablegereife



Überwachung der Alterung im Klimaversuch

- Künstliche Bewitterung: UV, Feuchtigkeit und Temperaturwechsel werden zyklisch aufgebracht
- 8 Jahre in wenigen Monaten darstellbar
- Ziel: nimmt Faserzugfestigkeit ab? Wenn ja, wann und wieviel?

Detailed meteogram, next 48 hours



blog.threestory.com/wordpress/tag/meteogram

4. Zusammenfassung und Ausblick

Faserseile haben sich durch ihre besonderen Eigenschaften im Flugbetrieb bewährt:

- Gutes Flugverhalten
- Leichtes und schnelles Handling
- Geringes Eigengewicht

Nutzer müssen besonders geschult sein

- No-Go's und Empfindlichkeiten
- Beurteilung des Seilzustands
- Erfahrung mit dem Flugverhalten



4. Zusammenfassung und Ausblick

- Faserseile werden momentan überwiegend 6 Jahre und bis zu 10 Jahre lang eingesetzt
- Langzeitentwicklung der Werkstoffeigenschaften ist noch nicht umfassend bekannt
- Gezielte Versuche und Erfahrungen aus dem Betrieb können zu einer Erhöhung der Einsatzzeiten führen
- Fasermaterialien und Coatings entwickeln sich weiter



Vielen Dank

Nicht alles aus Kunststoff ist Spielzeug!



Literatur

- VDI 2500 (Beuth Verlag, 86,20 €)
- FEM 5.024/2017 (VDMA Shop, 60 €)
- DGUV Information 214-911
„Sichere Einsätze von Hubschraubern
bei der Luftarbeit“ (BG Verkehr, gratis)

