

Unstetige Fördersysteme



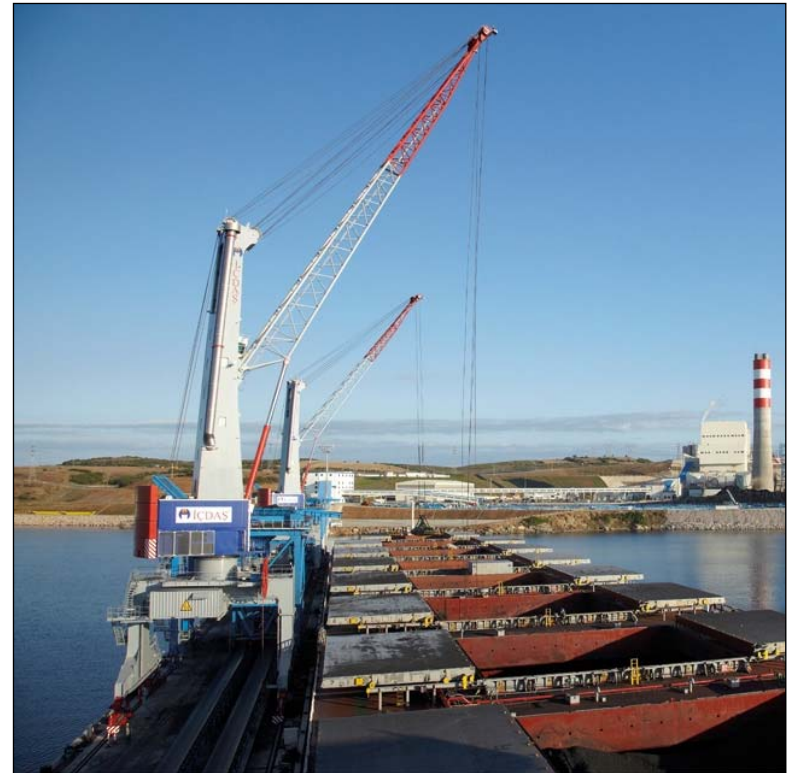
Univ.Ass.Dipl.-Ing. Eric FIMBINGER

280.003

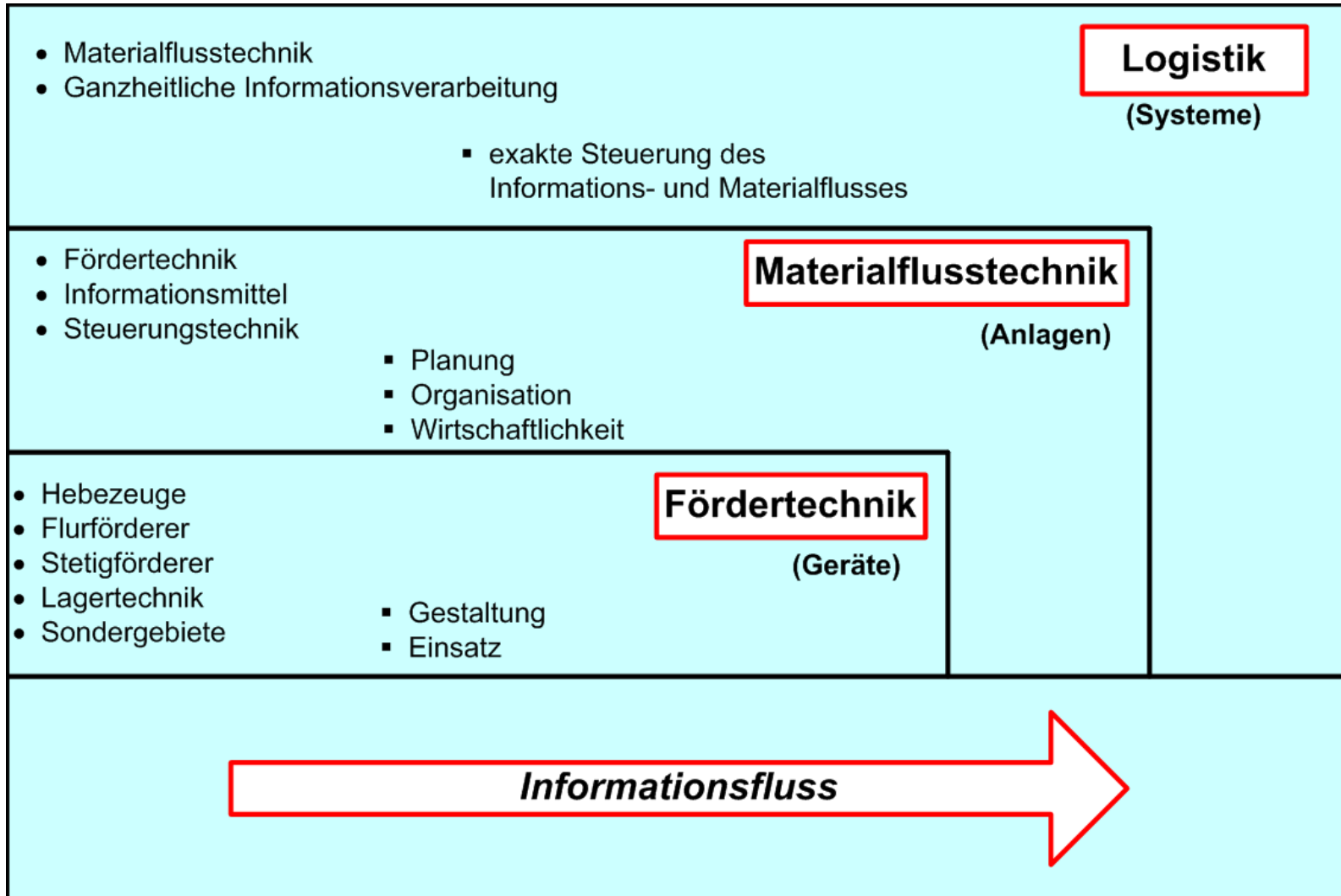
Liebherr - STS cranes at the Port of Cape town
https://www.liebherr.com/en_usa/products/maritime-cranes/port-equipment/container-bridges/ship-to-shore-container-cranes.html

Inhaltsverzeichnis

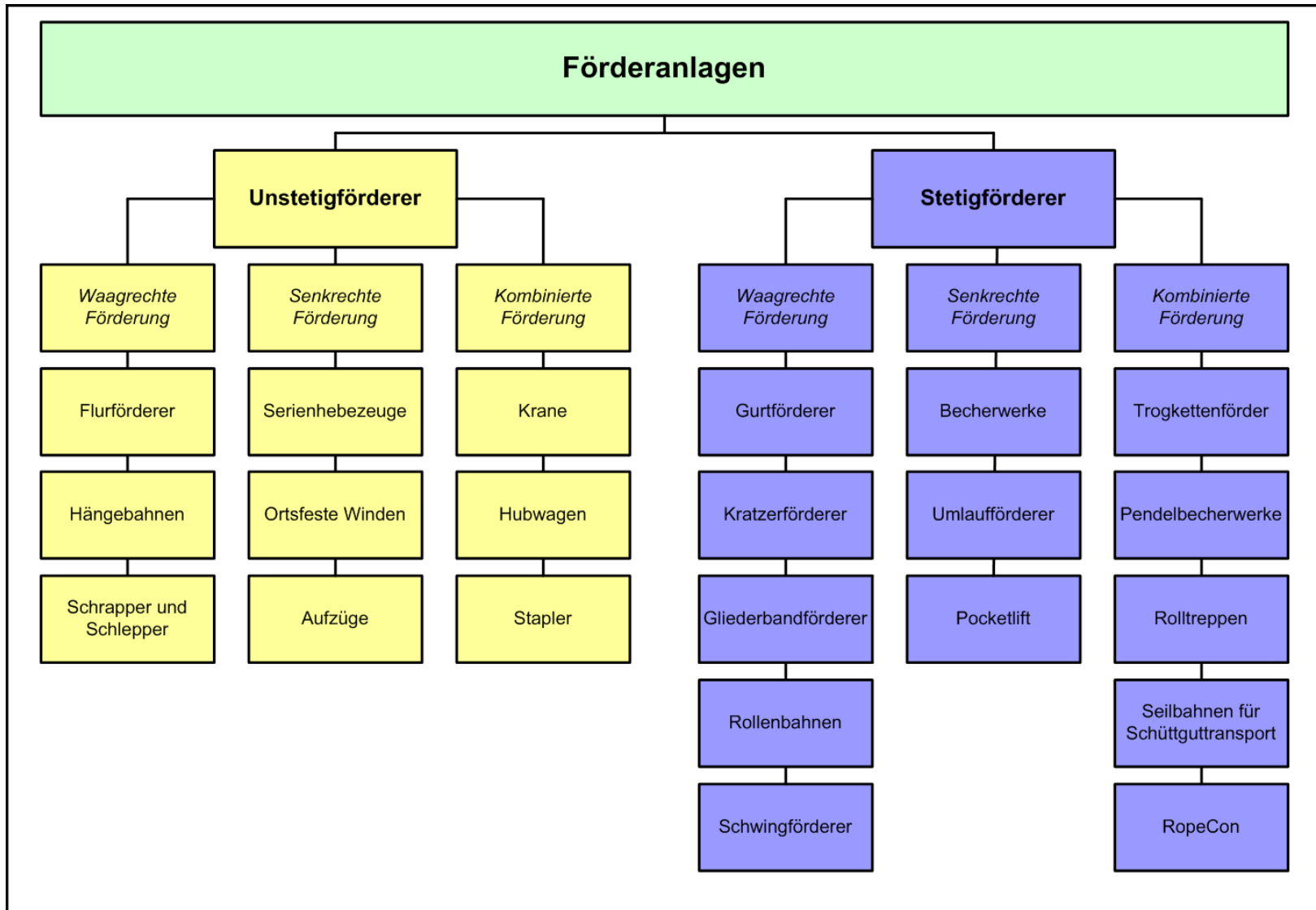
1. Hubwerke
2. Laufkatzen
3. Brückenkrane
4. Portalkrane
5. Drehkrane
6. Verstell-, Einzieh- und Wippwerke
7. Hüttenkrane
8. Sonderbauformen von Kranen
9. Aufzüge



Stellung der Hebezeuge in der Logistik



Stellung der Hebezeuge in Förderanlagen

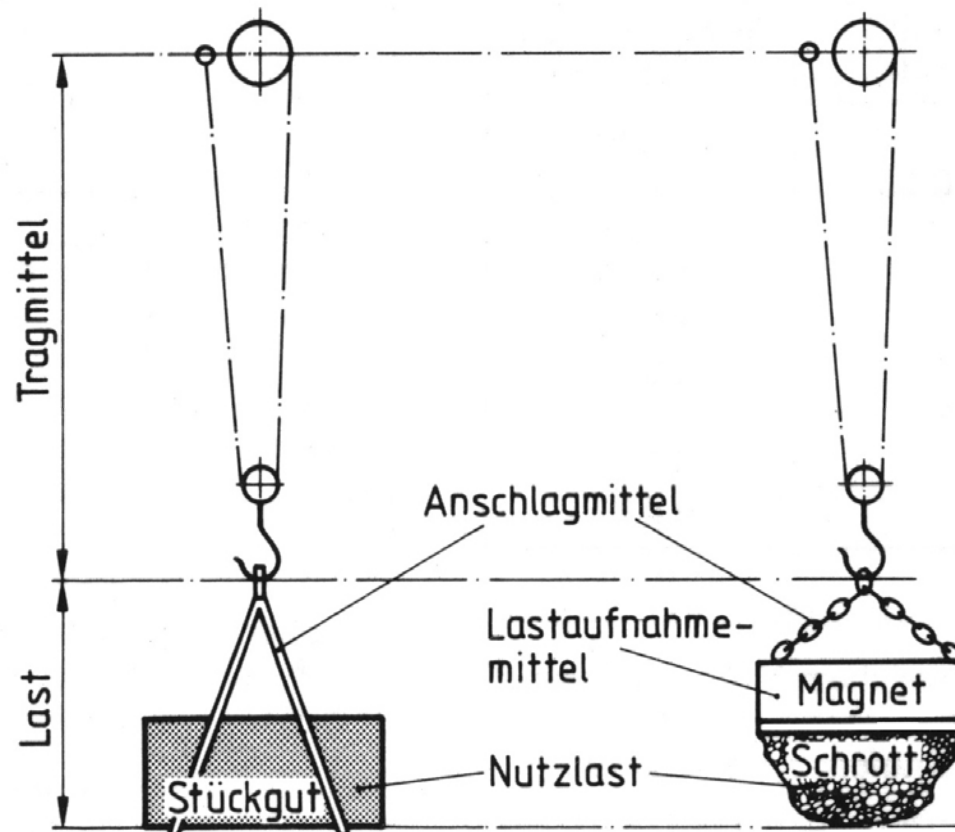


Hebezeuge

- Definition:
 - Hebezeuge sind Fördermittel für vorwiegend **senkrechte** Hubbewegungen
- Führung der Last:
 - Hebezeuge → freischwebende Last
 - Aufzüge → geführte Last

Lastaufnahmeeinrichtung

- Begriffe



Begriffsdefinitionen

- **Tragfähigkeit**
 - größte Last (kg bzw. t), die betriebsmäßig *vom Tragmittel* gehoben werden kann
 - $\text{Tragfähigkeit} = \text{Nutzlast} + \text{Totlast}$
- **Nutzlast**
 - nutzbare Last (kg bzw. t), die vom *Lastaufnahmemittel* oder vom *Anschlagmittel* oder *direkt vom Tragmittel* gehoben werden kann
- **Totlast**
 - nicht nutzbare Last (kg bzw. t) = Masse von *Lastaufnahmemittel und Anschlagmittel*
- **Hubkraft**
 - Kraft (N bzw. kN) *zum Heben der Last und des Tragmittels*



1. *Hubwerke*

engl.: hoisting gear, lifting gear

- Einteilung
- Ortsfeste Stückgutwindwerke
- Laufwinden für Hakenbetrieb
- Elektrozüge (Serienhebezeuge)
- Greiferwindwerke für Schüttgut
- Berechnung von Seiltrieben

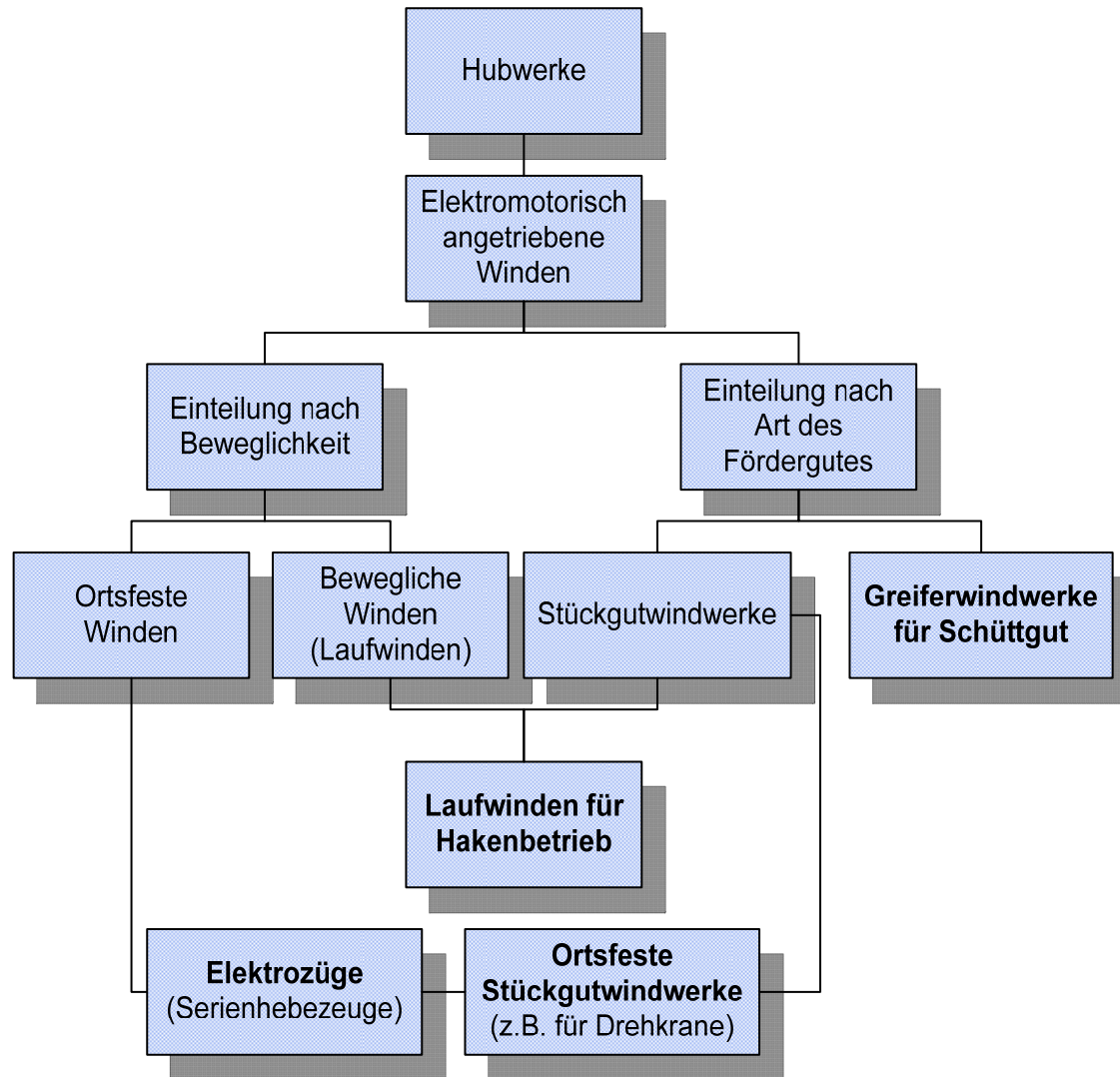
Hubwerke

- Einteilung

Hubwerke

- Hubwerke dienen zum vertikalen Bewegen von Lasten und werden sowohl als Teil von Krananlagen und anderen Unstetigförderern als auch als selbstständige Fördermittel eingesetzt.
- Selbstständige Fördermittel:
 - Flaschenzüge
 - Elektrozüge
 - Winden

Einteilung der Hubwerke





Hubwerke

- Ortsfeste Stückgutwindwerke

Einsatzzwecke

Übersetzungen
allgemein:

$$F_{\text{Seil}} = F_{\text{Last}} / i_{\text{R}}^*$$

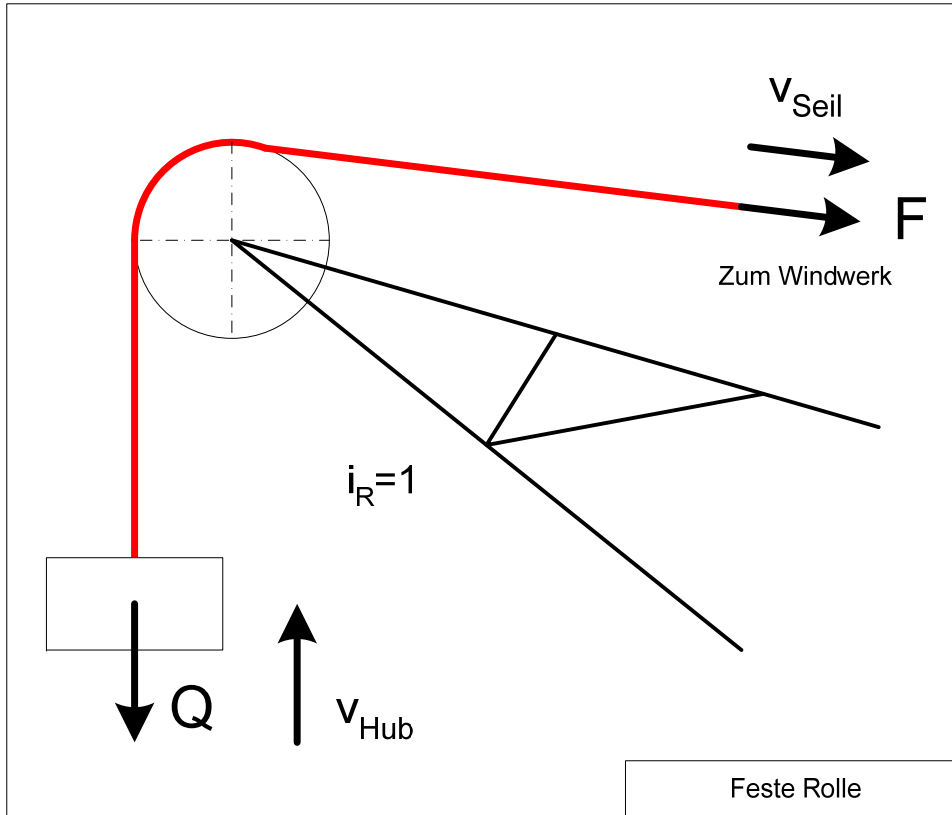
$$v_{\text{Seil}} = v_{\text{Hub}} \cdot i_{\text{R}}$$

i_{R} ... Seilübersetzung

* ... ohne Reibung

- Einsatz zum Heben und Senken der Last
 - **Keine horizontale Bewegung**
- Seilzugkraft F und
- Seilgeschwindigkeit v
 - sind abhängig von der Seilführung

Seilführungsprinzip - „feste Rolle“



Seilübersetzung:

$$i_R = \frac{v_{Seil}}{v_{Hub}} = 1$$

Gesamtwirkungsgrad:

$$\eta_{RZ} = \frac{F_0}{F} = \eta_R$$

Kraftübersetzung:

Ohne Reibung: $F_0 = Q$

Mit Reibung: $F = Q / \eta_R$

η_R ... Wirkungsgrad einer Rolle

η_{RZ} ... Wirkungsgrad des Rollenzuges

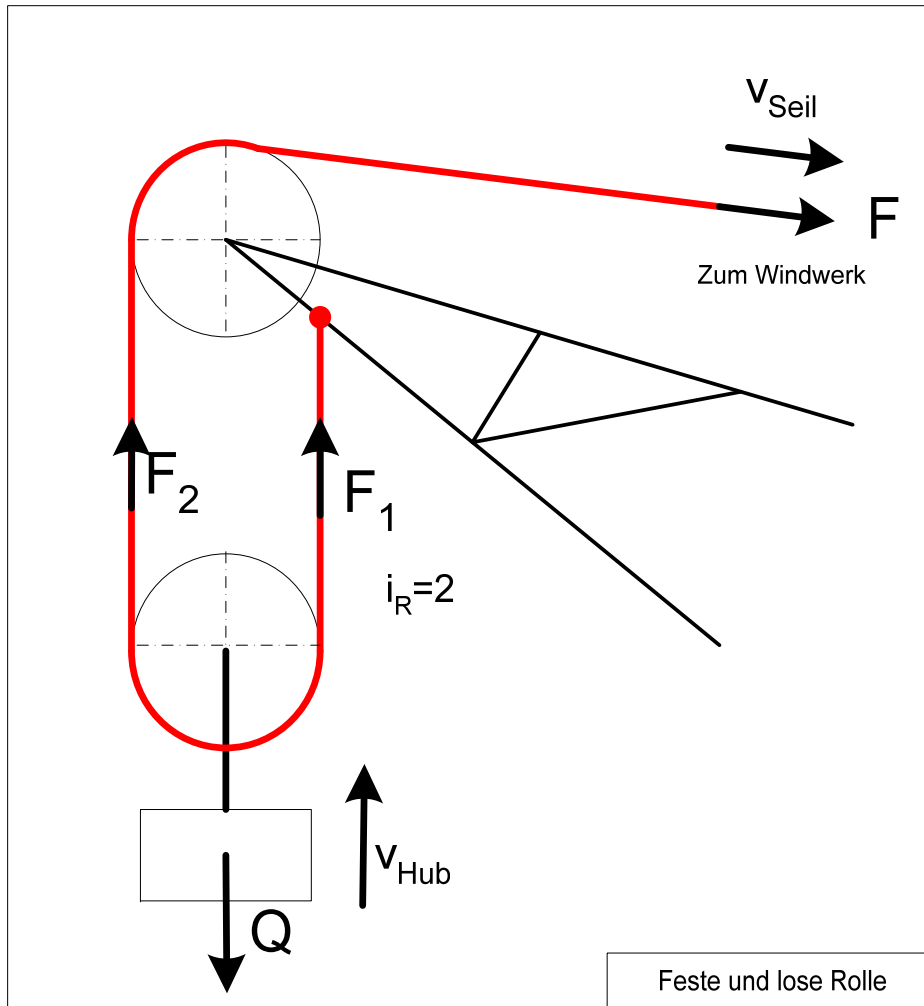
v_{Seil} ... Geschwindigkeit des Seiles zum Windwerk

v_{Hub} ... Hubgeschwindigkeit

F_0 ... Seilkraft ohne Reibung

F ... Seilkraft mit Reibung

Seilführungsprinzip - „feste und lose Rolle“



Seilübersetzung:

$$i_R = \frac{v_{Seil}}{v_{Hub}} = 2$$

Gesamtwirkungsgrad:

$$\eta_{RZ} = \frac{F_0}{F} = \frac{\eta_R (1 + \eta_R)}{2}$$

Kraftübersetzung:

Ohne Reibung: $F_0 = Q/2$

Mit Reibung:

$$F_2 = F_1 / \eta_R \quad F = F_2 / \eta_R$$

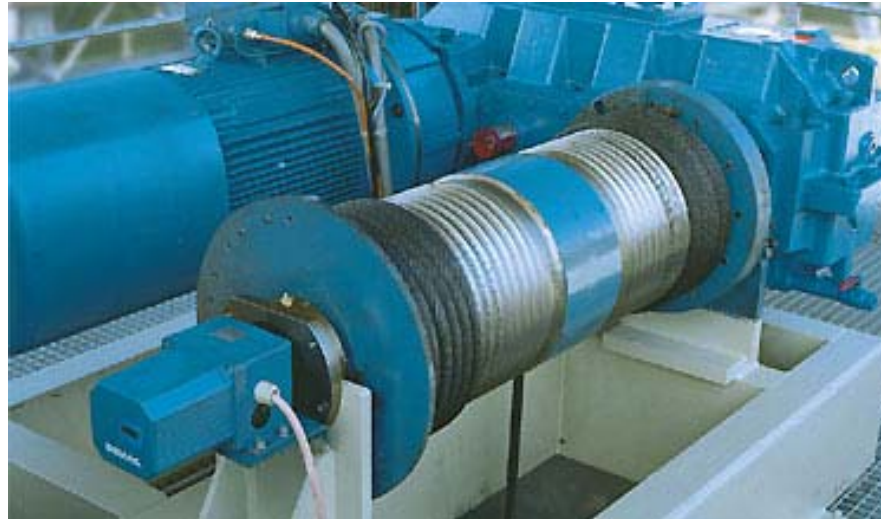
$$F_2 = F \cdot \eta_R \quad F_1 = F_2 \cdot \eta_R$$

$$Q = F_1 + F_2 = F \cdot \eta_R + F \cdot \eta_R \cdot \eta_R$$

$$Q = F \cdot \eta_R (1 + \eta_R)$$

$$F = Q / [\eta_R (1 + \eta_R)]$$

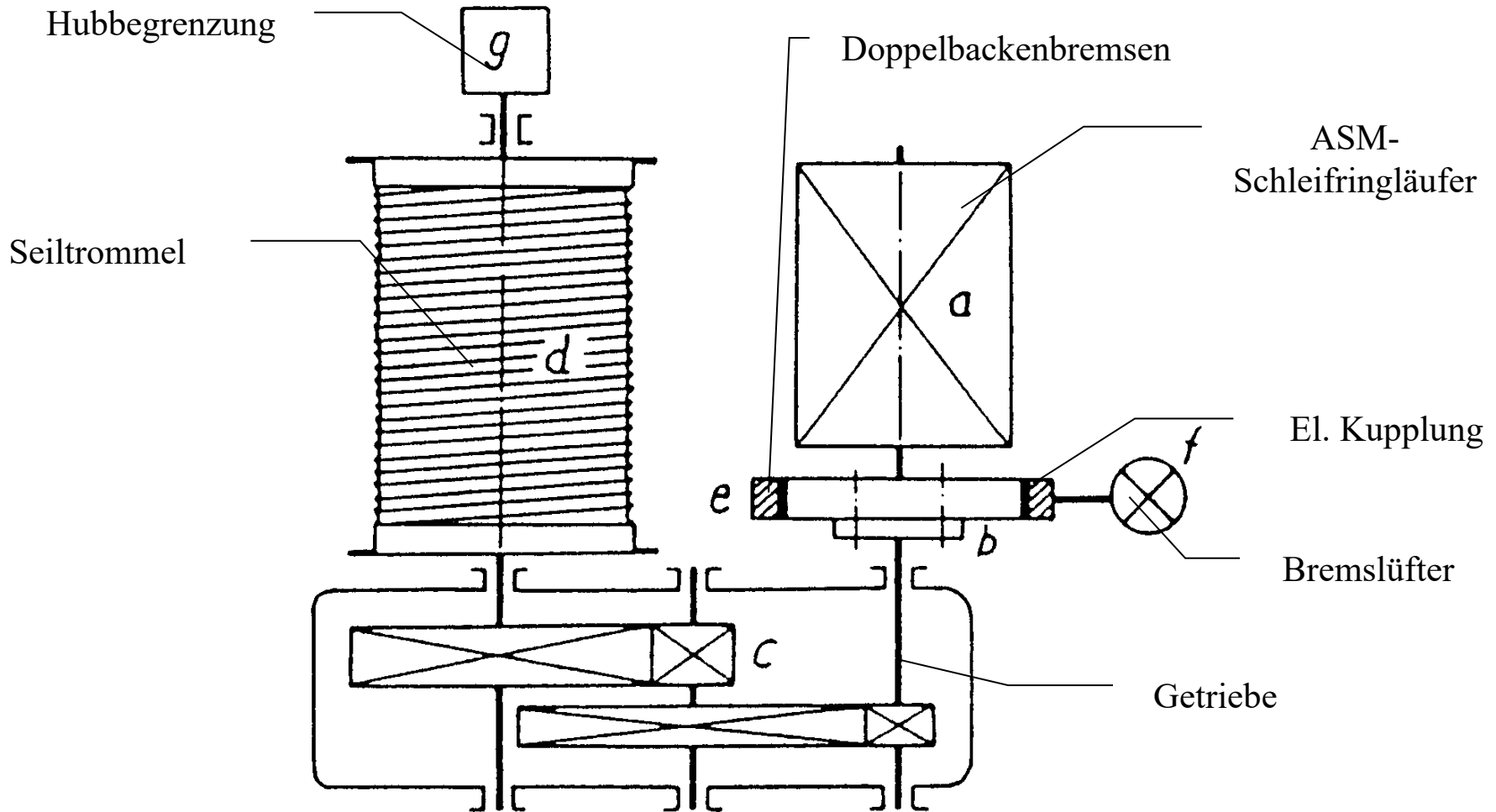
Stückgutwindwerk



DEMAG-Windwerk MPW

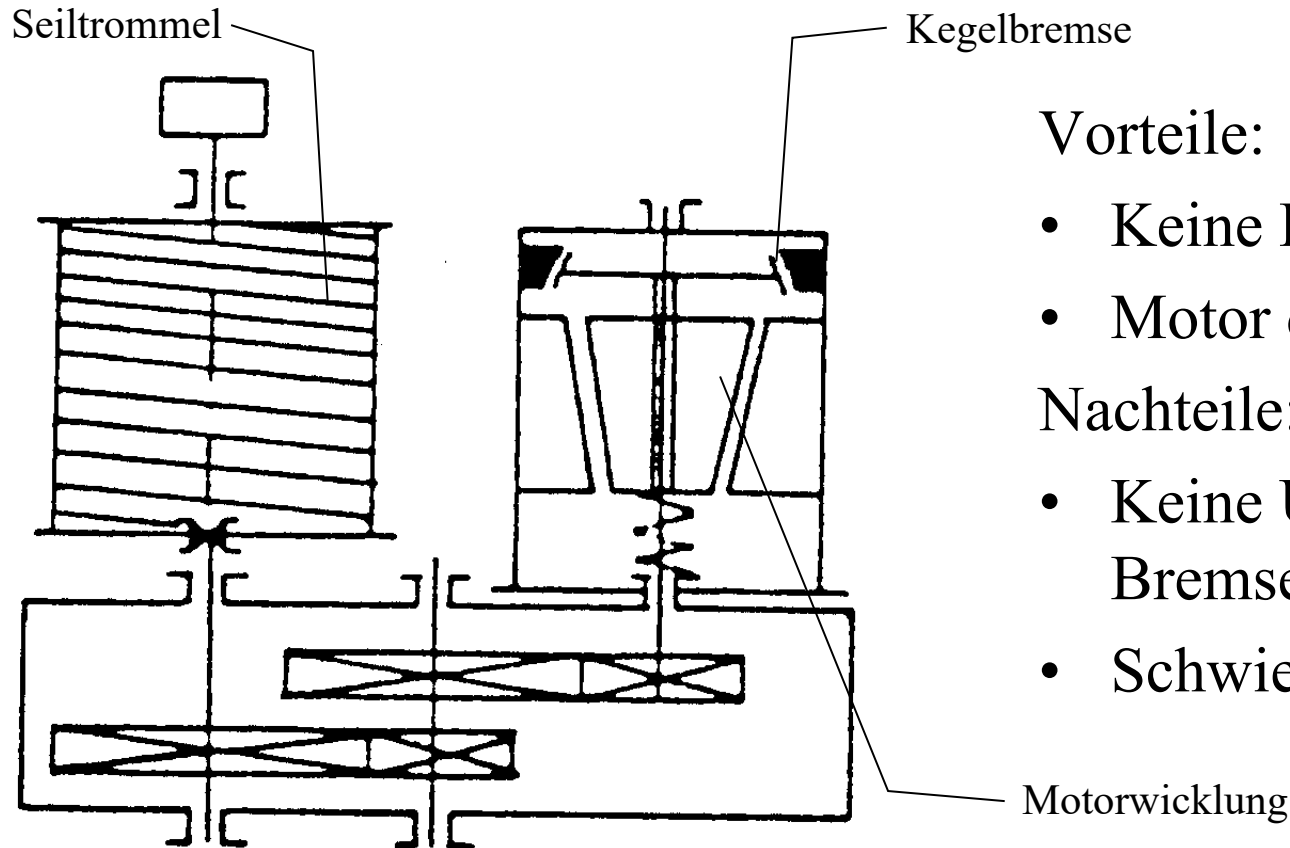
Bei diesem Windwerk bilden
Trommel, Getriebe, Motor und Bremse eine Einheit

Ortsfestes Stückgutwindwerk in Standardausführung



Antrieb für Stückgutwindwerk in Standardausführung

Ortsfestes Stückgutwindwerk mit Verschiebeankermotor



Antrieb für Stückgutwindwerk (Verschiebeankermotor)

Vorteile:

- Keine Bremse erforderlich
- Motor direkt am Getriebe

Nachteile:

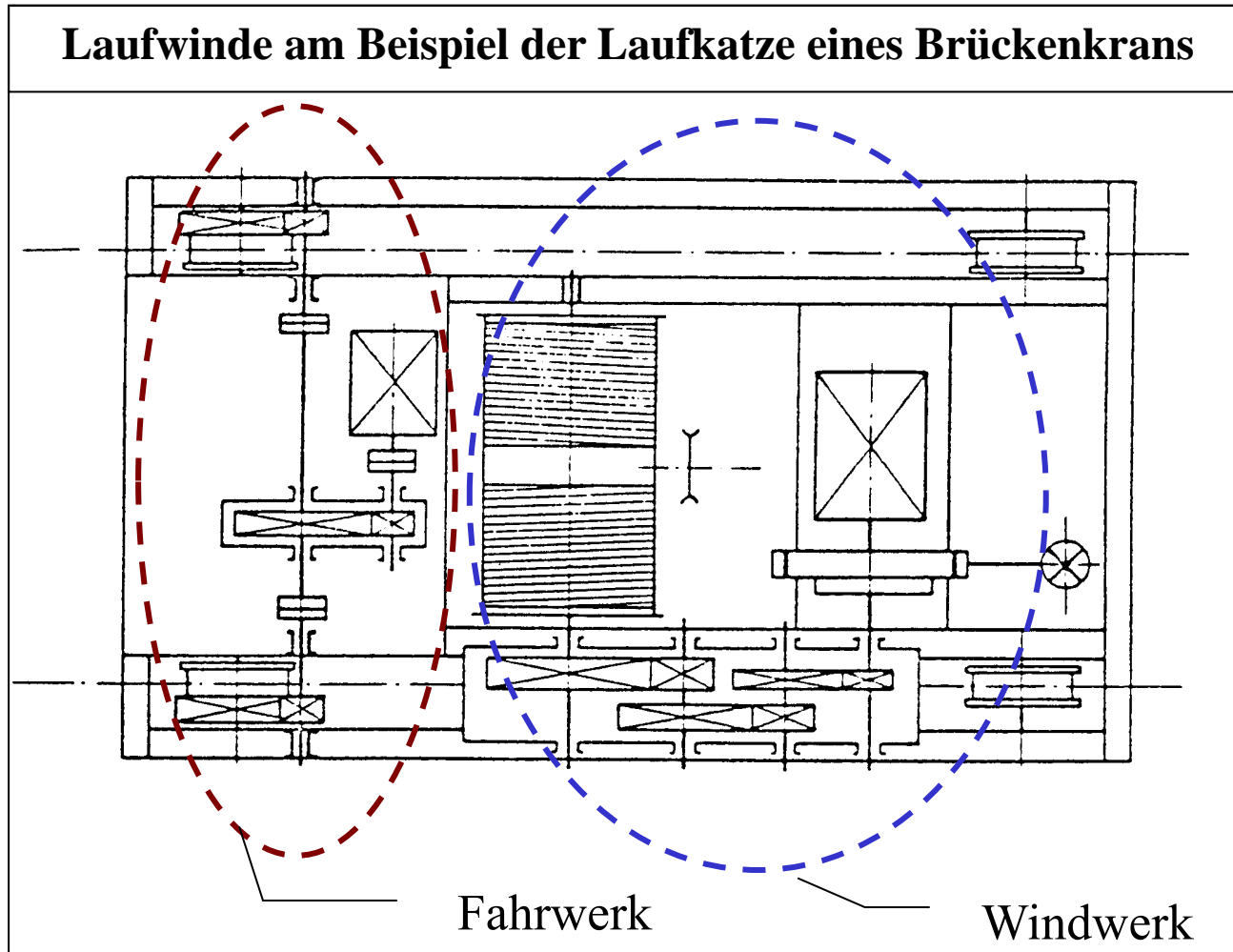
- Keine Überwachung der Bremse
- Schwierige Wärmeabfuhr



Merkmale

- Kombination aus Windwerk und Fahrwerk
- Dient als Laufkatze der Brückenkrane zum Heben und Senken der Hakenlast
- Last wird exakt senkrecht gehoben
 - Trommelausbildung (**Zwillingsrollenzug**) für zwei Seilstränge
- Zusätzliche kleinere Feinhubgeschwindigkeit

Aufbau der Laufwinden

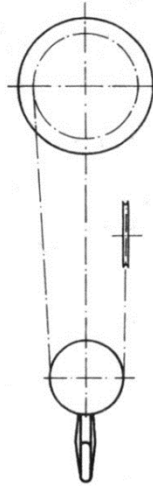
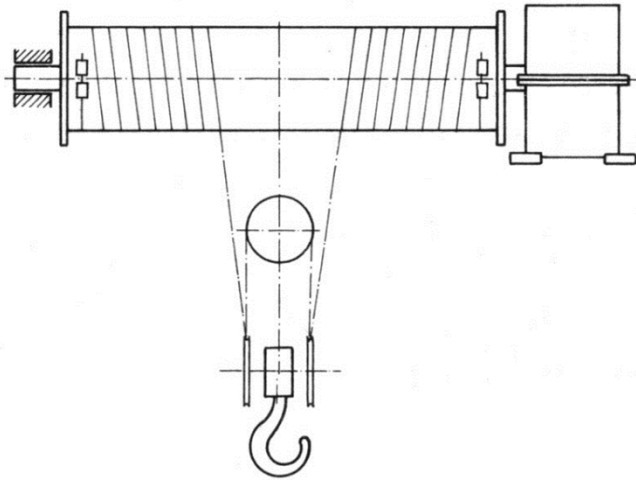


Bauformen

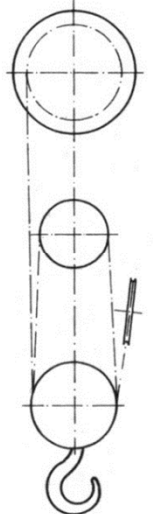
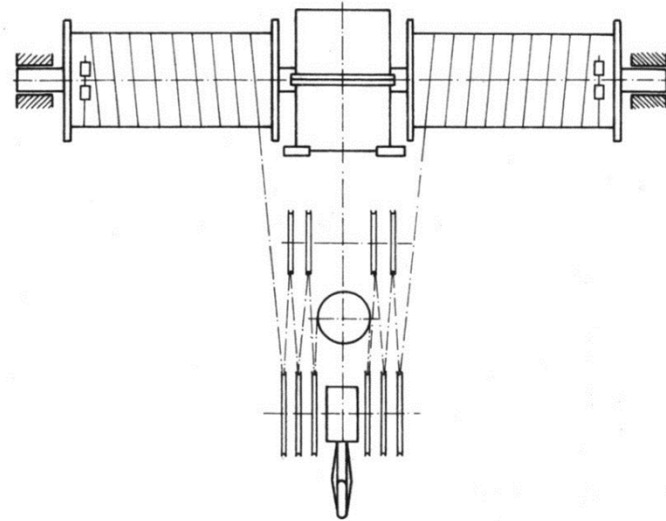


Haupthubwerk eines 250 t Gießkranes (VA-Stahl Linz, Kranbau Köthen)

Bauformen

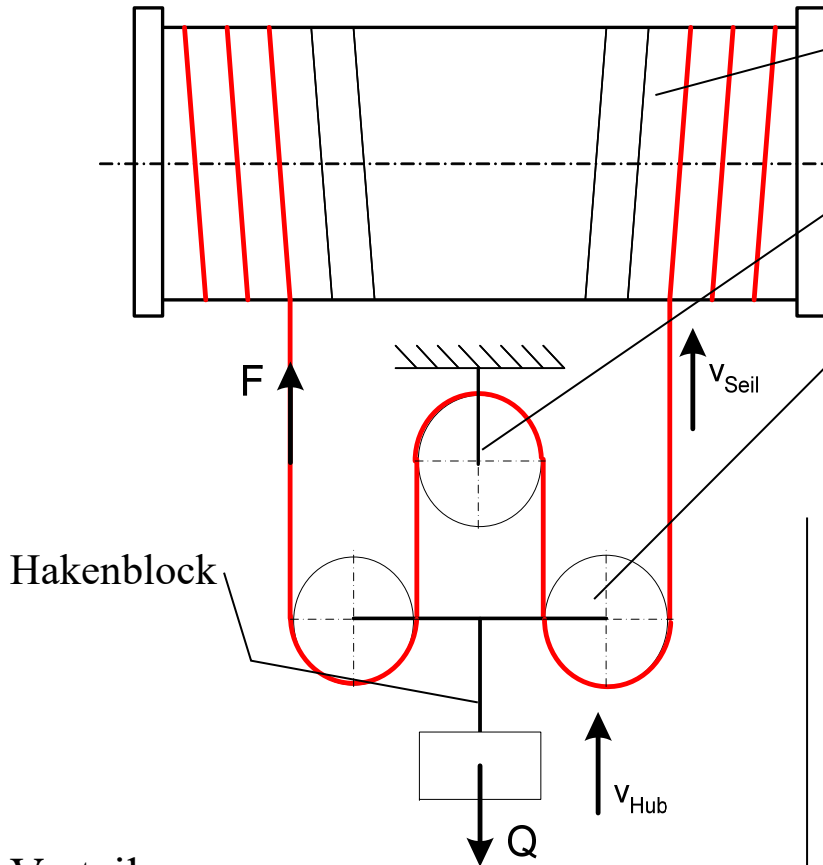


- Hubwerk mit **Zwillingstrommel**
- Durchgehende Trommel
- Flaschenzugübersetzung 2:4
- Pendelnd aufgehängte Ausgleichsrolle
- Hubkraft 80-200 kN



- Hubwerk mit **zwei getrennten Trommeln**
- Zwischengetriebe
- Flaschenzugübersetzung 2:12
- Pendelnd aufgehängte Ausgleichsrolle
- Hubkraft 100-4000 kN

Trommelausbildung (Zwillingsrollenzug-Prinzip)



Seiltrommel mit zwei
verschiedenen Seilrollensteigungen

Stehende Ausgleichsrolle ($\omega_{th}=0$)

Mehrfache Einscherung
des Hubseils (hier 2-fach)
z...Anzahl der Unterflaschenrollen

Hakenblock

Seilübersetzung:

$$i_z = \frac{v_{Seil}}{v_{Hub}} = z$$

Kraftübersetzung:

Ohne Reibung: $F_0 = \frac{Q}{2 \cdot z}$

Mit Reibung: $F = \frac{Q}{2 \cdot z} \cdot \frac{1 - \eta_R}{1 - \eta_R^z}$

Vorteile:

- Exakter vertikaler Lastweg
- Axialer Kraftausgleich an der Trommel

Gesamtwirkungsgrad:

$$\eta_{RZ} = \frac{F_0}{F} = \frac{Q \cdot 2 \cdot z \cdot (1 - \eta_R^z)}{Q \cdot 2 \cdot z \cdot (1 - \eta_R)} = \frac{1 - \eta_R^z}{1 - \eta_R}$$

Feinhub

- Zum langsamen und sachten Aufsetzen und Anheben der Last
- Einsatz:
 - Formkästen in Gießereien
 - Werkstücke auf Werkzeugmaschinen
 - In Montagewerkstätten
- Hubgeschwindigkeit
 - Genormt nach DIN 15022:
 - $\frac{1}{2}$, $\frac{1}{4}$, $\frac{1}{10}$ der Normhubgeschwindigkeit
- Erzielung
 - Elektrisch
 - FU-Regelung
 - Polumschaltbarer Motor
 - Motor mit getrennten Wicklungen
 - Mechanisch
 - Mit zweitem Motor
 - Über geeignetes Getriebe



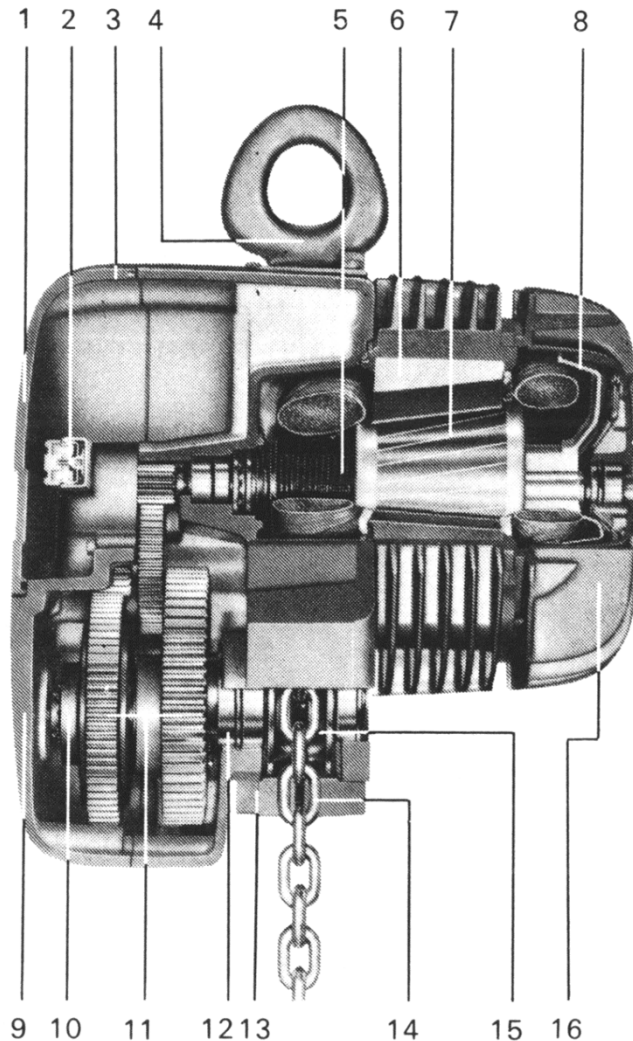
Hubwerke

- Elektrozüge
(Serienhebezeuge)

Elektrozüge (Serienhebezeuge)

- Seil- oder Kettenzüge bilden mit E-Motor eine Baueinheit
- Tragmittel:
 - Ketten (Elektrokettenzüge)
 - Vorteile:
 - Geringerer Umlenkradius der Kette
 - Nachteile:
 - Schlechte Unterbringung der Kette (in Kettenkasten oder Kettenmagazin)
 - Polygoneffekt
 - Bis zu 10 kN Tragfähigkeit
 - Hubhöhe max. 3 m (schlechte Unterbringung der Kette)
 - Hubgeschwindigkeit 2-20 m/min
 - Seile (Elektroseilzüge)
 - Vorteile:
 - Bessere Aufnahme des Seils in Seiltrommel
 - Höhere Tragfähigkeit bei gleichen Gewicht
 - Bis 16 kN Tragfähigkeit
 - Hubhöhe max. 80 m
 - Hubgeschwindigkeit 4-40 m/min

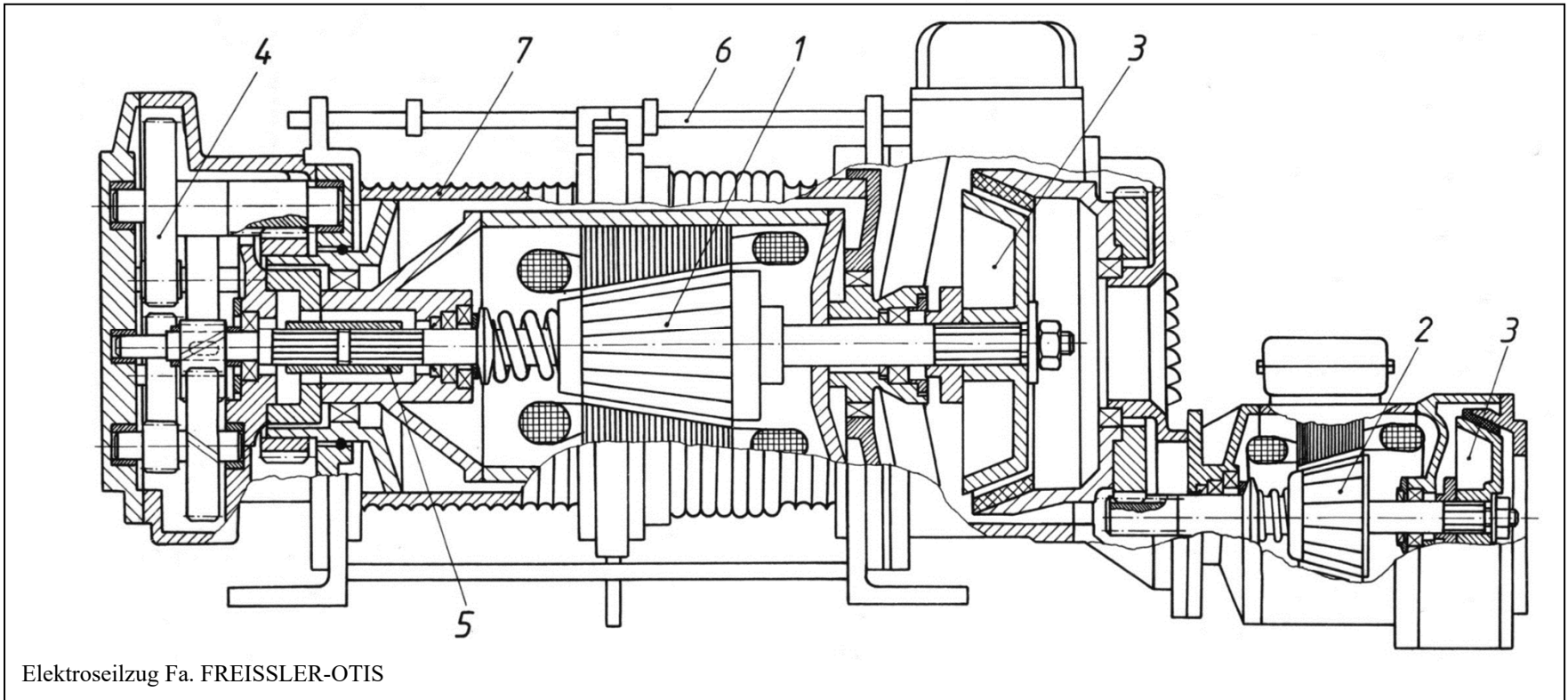
Aufbau Elektrokettenzug



1. Klemmenkastendeckel
2. Klemmenleiste
3. Gehäuse
4. Aufhängeschraube
- 5. Bremsfeder**
- 6. Ständer**
- 7. Läufer**
- 8. Bremse**
9. Gehäusedeckel
- 10. Rutschkupplung**
- 11. Getriebe**
- 12. Antriebswelle**
- 13. Kettenführung**
- 14. Rundstahlkette**
- 15. Taschenkettenrad**
16. Lagerschild

DEMAG-Elektrokettenzug im Schnitt, Werkbild DEMAG-Fördertechnik

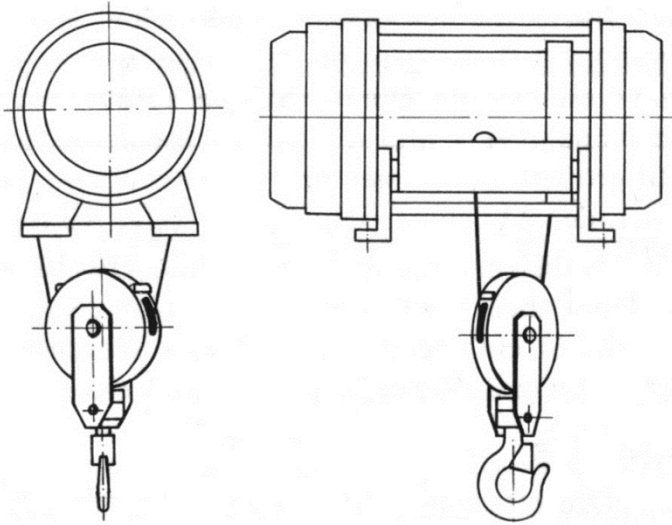
Aufbau Elektroseilzug mit Feinhubwerk



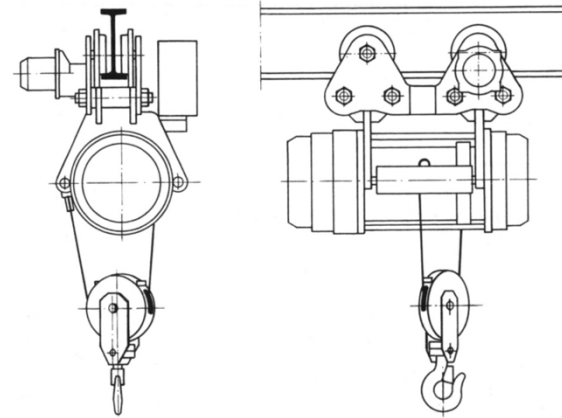
- | | |
|------------------|---------------------|
| 1. Hauptmotor | 4. Stirnradgetriebe |
| 2. Feinhubmotor | 5. Kupplung |
| 3. Kegelsbremsen | 6. Endschtaltung |
| | 7. Seiltrommel |

Ausführungsformen-Elektroseilzug

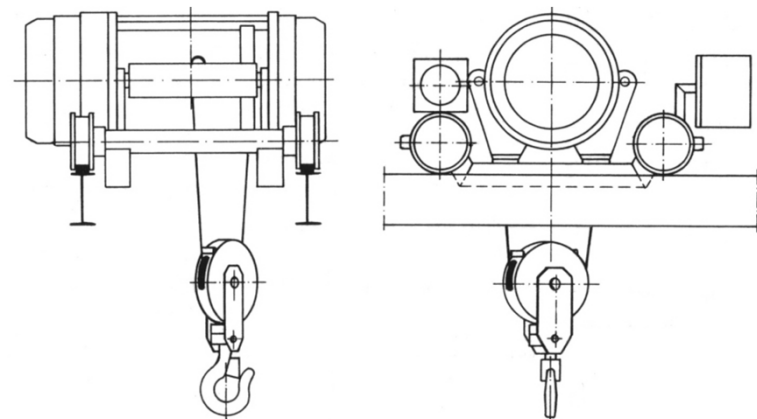
- Ortsfest



- Fahrbar (Hängekrane)
 - Einschienen-Bauweise

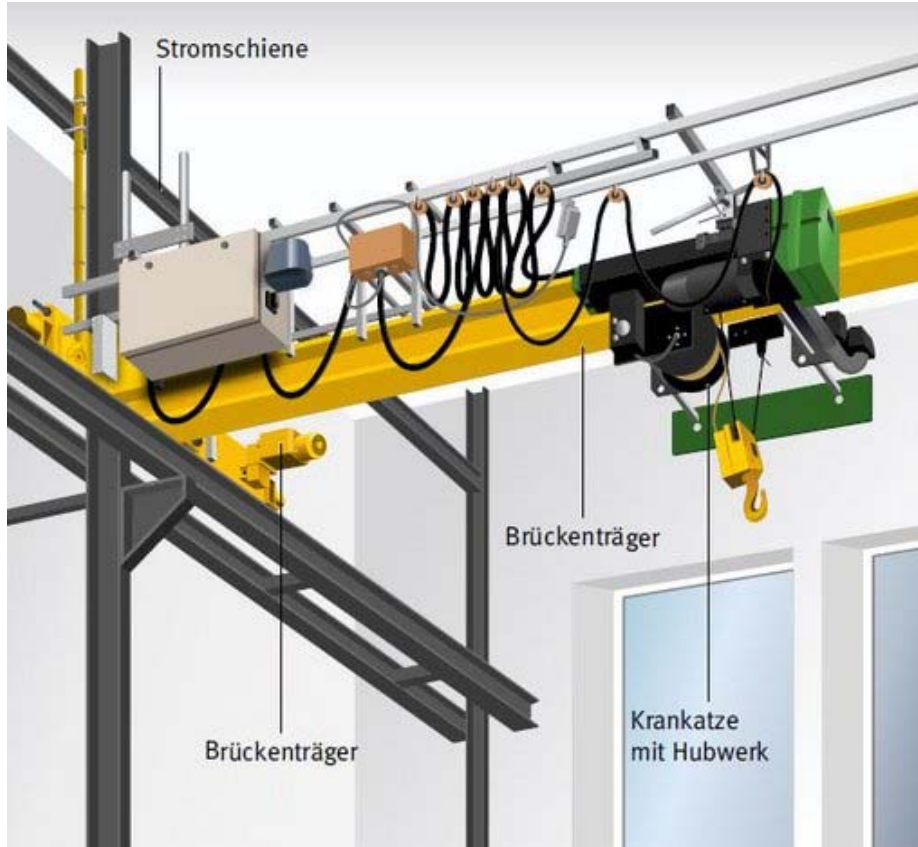


- Zweischielen-Bauweise



Hängekrane

engl.: *suspension cranes*

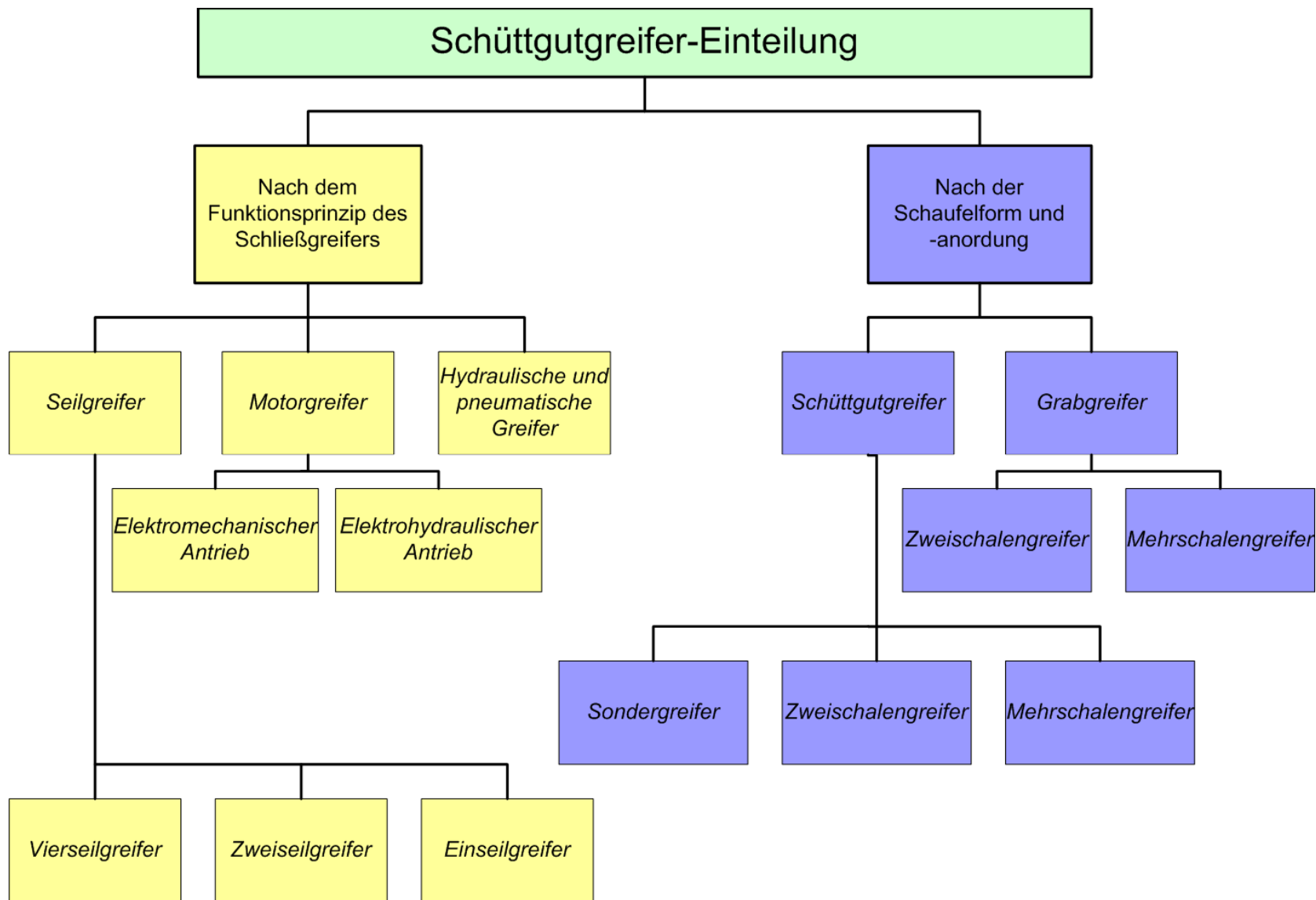


- leichte schnellfahrende Elektrozüge
- laufen mit Fahrwerken auf den Unterflanschen des Hauptträgers
- Einträgerbrücken aus leichten Profilen → Brückenkran-Sonderbauform
- Häufig hängend an der Hallenkonstruktion befestigte Träger bzw. Schienen



Hubwerke

- Greiferwindwerke für Schüttgut



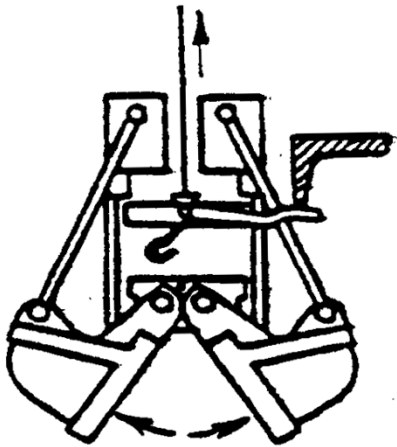
Greiferwindwerke - Schüttgutwindwerke

- Greiferwindwerke dienen sowohl zum Heben und Senken der Last als auch zum Aufnehmen und Entleeren
- Zwei Trommeln (für zwei Seile):
 - Halteseil „H“
 - Hub- und Schließseil „S“
- Antrieb der Trommeln
 - Ein- oder Zweimotorig
- Seildurchmesser (Zweiseilgreifer)
 - Schließseile für die gesamte Last (Greifereigengewicht + Füllung)
 - Halteseile werden nur im Augenblick des Öffnungsbeginns mit der Gesamtlast beansprucht
 - $d_H < d_S$ (Seile)

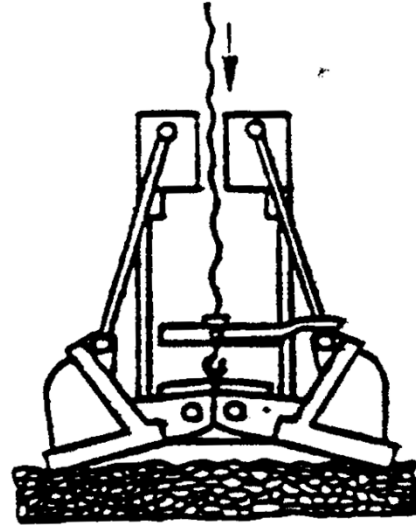
Hubwerke

- Greifer für Schüttgut

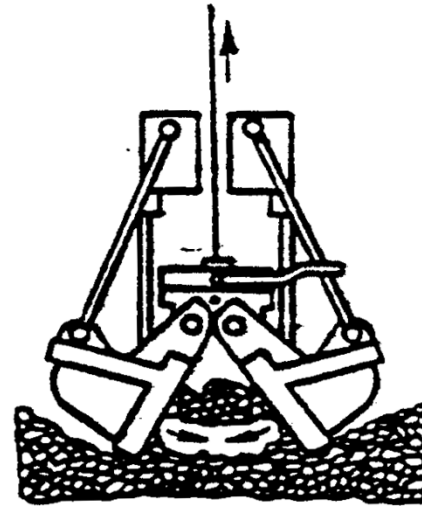
Einseilgreifer - Funktionsweise



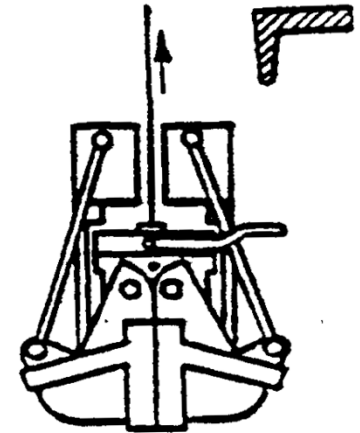
Öffnen



Greifen



Schließen

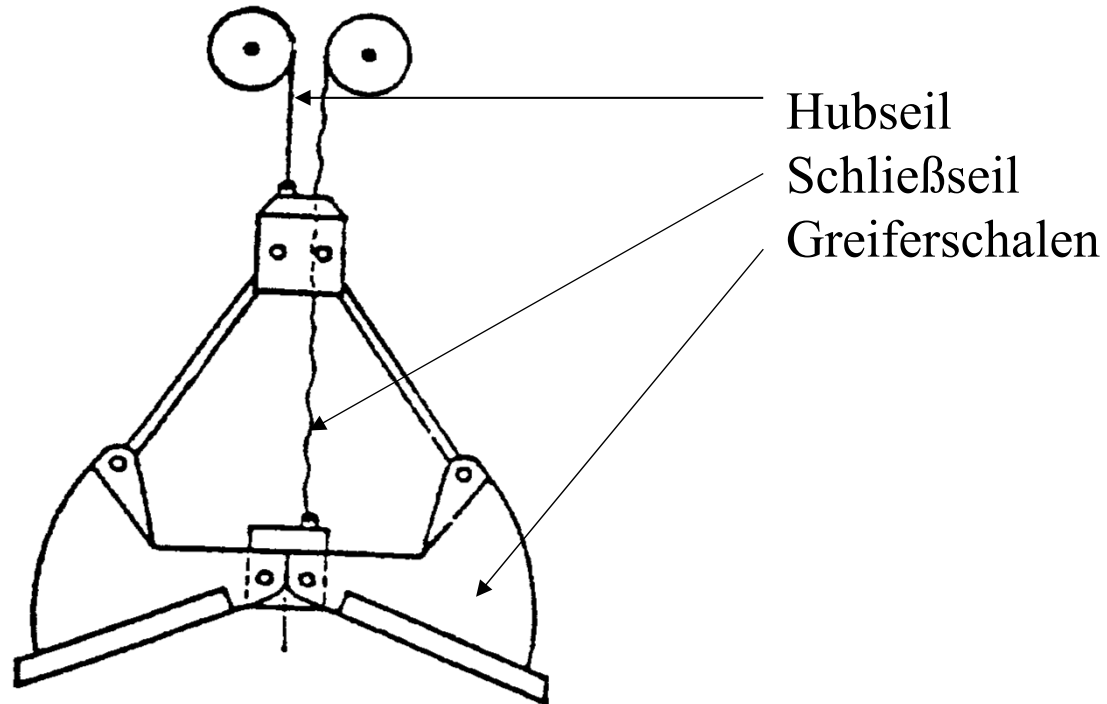


Heben

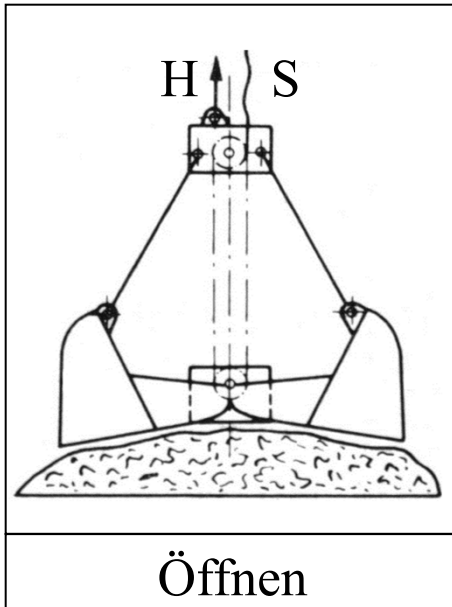
Hydraulikgreifer



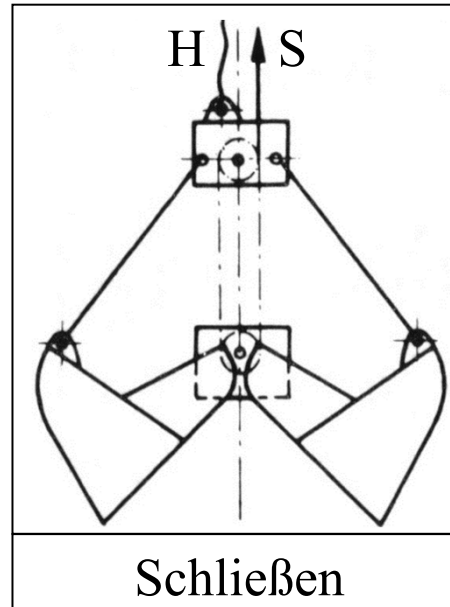
Zweiseilgreifer - Aufbau



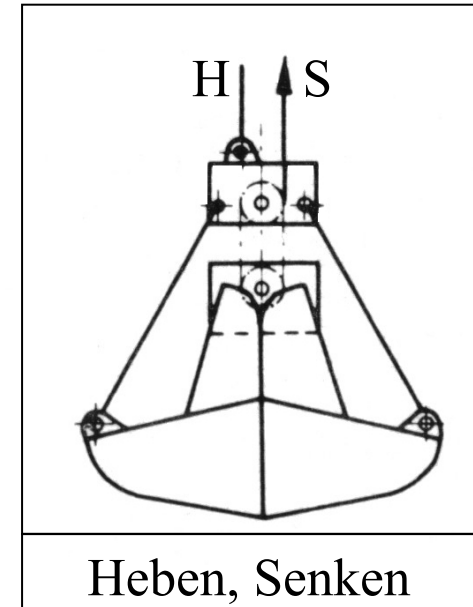
Zweiseilgreifer - Funktionsweise



- Halteseil H straff
- Hub- Schließseil S nachlassen (schlaff)



- Hub- Schließseil S anziehen
- Halteseil H schlaff



- Hub- Schließseil S straff
- Halteseil H kann leer mitlaufen od. Teil der Last übernehmen ($\leq 30\%$) Greifer muss geschlossen bleiben

Zweischalengreifer



Zweischalengreifer

https://www.google.com/search?sa=G&hl=de-AT&q=smag+grabs&tbn=isch&tbs=simg:CAQSkwEJzrsaBLYI3p4ahwELEKjU2AQaAAwLELCMpwgaYgpgCAMSKPkXzAZNDJgY-BefDaQN_1hfRDPoXzibxMrs21iaslfUv1SaYM-88gDMaMEwZQ2FN0Ot8nPFQk0dW8zoT2RuMbP7GqyXE5CuGdJBWVMSUNgLux5na-eSPob3K9SAEDAsOjq7-CBoKCgglARIEo5FIXAw&ved=0ahUKewik5_GHuVlAhVFr6QKHT5zAHgQwg4ILSgA&biw=1920&bih=920#imgrc=64BxaRf_YtjuzM:

Zweischalengreifer



Zweischalengreifer

<https://www.google.com/search?q=merhere+zweischalengreifer+im+hafen&hl=de-AT&tbm=isch&tbs=rimg:CUxXNSljOwgxImB6JGSfR8-yUG8fhVU-RY17kZ0RURPagmyaISXxAZP1Ih9X5QtkkEmhkRG9Z941E7dHOyfr6Vo6HpBJsCFElxjbAzhQJVF0sAtrK085pPA9hPFnVTs45Uqsw7TTDkr10qEgl6JGSfR8-yUBFmgimijwbSuCoSCW8fhVU-RY17EY24piqdNx07KhJkZ0RURPagmwReSVkJpP-sOaqEgmaISXxAZP1IhECfeGo4wvpSoSCR9X5QtkkEmhEWvCel5s3NT0KhJJRG9Z941E7cRWU10Hzem4e8qEglHOvfr6Vo6HhGjYdiEAROCWvoSCZBjsCFElxjBERWQuGpualuqKhJAZhQJVF0sAsRzjz5Q4Qk1KAqEglrK085pPA9hBH7hPA3cNfsySoSCFfNVTs45UEQ151zAzJe89KhJqsw7TTDkr10RruWu12QDzcc&tbo=u&sa=X&ved=2ahUKewiv9oPguJvIAhVRYIAKHZ6uBmIQulIBegQIARAt&biw=1920&bih=920&dpr=1#imgcr=miEl8QG79SJKYM::>

Zweischalengreifer

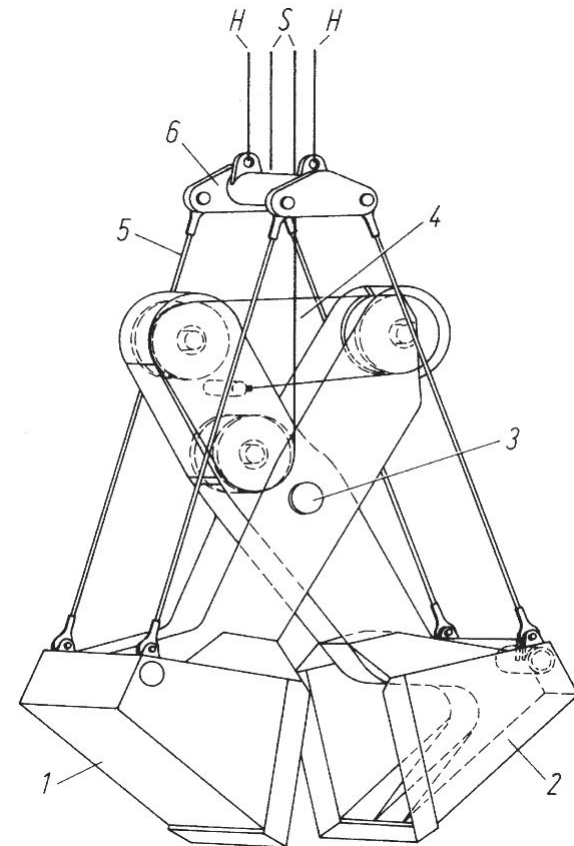


Tenova Takraf: Mining Machines & Technological Plants
https://www.google.com/search?sa=G&hl=de-AT&tbs=simg:CAESrQlIp8tO_1U3YyvMaoQILELCmpwgaYggpCAMSkiKv5b2_1CoMV_1BToHYIV_1hT_1FJMwyTmgIM05yzm7lrE5wiLKOew4jjkaMIWg-t-b19h0ACCeTRv7uYG95zkdrrdojdajGWN10-xThITfRn35rgfTB97IYoOviAEDAsOjq7-CBoKcglARiEXDa9XwwLEJ3twOkamQEKHgoL_ZmVIZGVyIHNoaXDapYj2AwwKCS9tLzA3YzL4MgodCgloYW5keXNpemXapYj2AwwKC9tLzAyNmRrZzgKGgoHcGFuYWTheNqliPYDCwoJL20vMDJqZmlzCh8KDGvbw1hbmQgc2hpcNqliPYDCwoJL20vMDN0OG53ChsKCGNhcGVzaXpl2qW19gMLCgkvbS8wN25mc3QM&q=grab+type+ship+unloader&tbn=isch&ved=2ahUKEwjrwPuvupvIAhVRvKQKHT8HDuYQsw56BAgAEAE&biw=1920&bih=920#imgcr=jUeNTVDQ0svDFM::

Zweischalengreifer



Scherengreifer



Mehrschalengreifer



Mehrschalengreifer



Mehrschalengreifer geöffnet

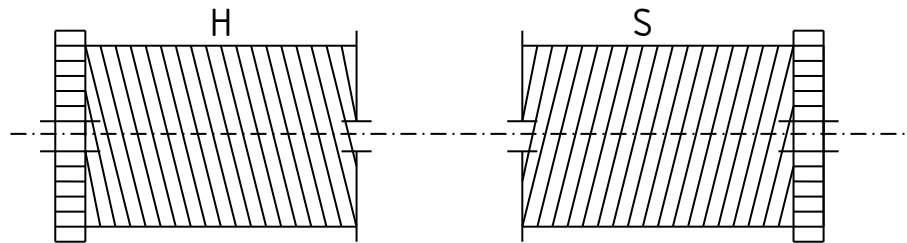
https://www.google.com/search?hl=de-AT&tbs=simg:CAESiQeJ9bPrRSl6dcAafgsQslynCBpiCmAIAxIolxj2F_1QX4R7cDewEmBjLBMoMzQsXM_1kymiGYM9Q8-zL_1Mv4ygTO_1JhowR-4_1VwTj6-Zmt24HNG5HS04IXgYAcg3TWYONjFv6KTvUK1a7Y9uCTvt_18X-7jO9AIAQMCxCOrv4IGgoKCAgBEgQuk3poDA&q=mehrschalengreifer&tbs=isch&sa=X&ved=2ahUKEwj19oLvwZvIAhVB3aQKHc1gCvAQsw56BAgAEAE&biw=1920&bih=920#imgre=Vausv9rvddxXOM;

Mehrschalengreifer geschlossen

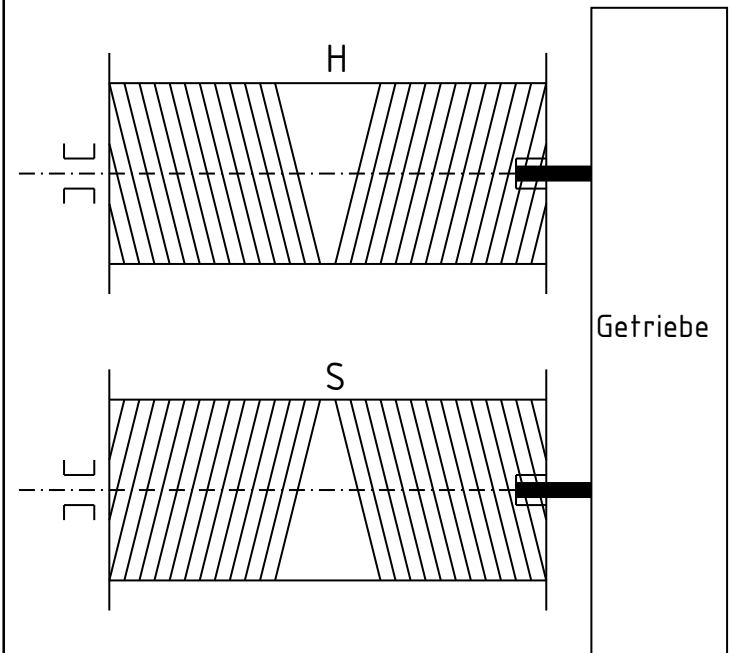
https://www.google.com/search?hl=de-AT&biw=1920&bih=920&tbs=isch&sa=1&ei=SEykXcWKEIm_gQbPvLvQB&q=mehrschalengreifer+geschlossen&oeq=mehrschalengreifer+geschlossen&gs_l=img.3...67331.76764...77622...4.0.0.75.1836.30.....0...1_gws-wiz-img.....0j0i30j0i10i24j0i24-PwYiSd8OKQ&ved=0ahUKEwjFzubnw5vIAhWJX8AKHU_eDmoQ4dUDCAc&uact=5#imgdii=vBthHzlXBWfgNM:&imgre=vBthHzlXBWfgNM;

Trommelanordnung in Greiferwindwerken

2 Seile (1xH + 1xS)



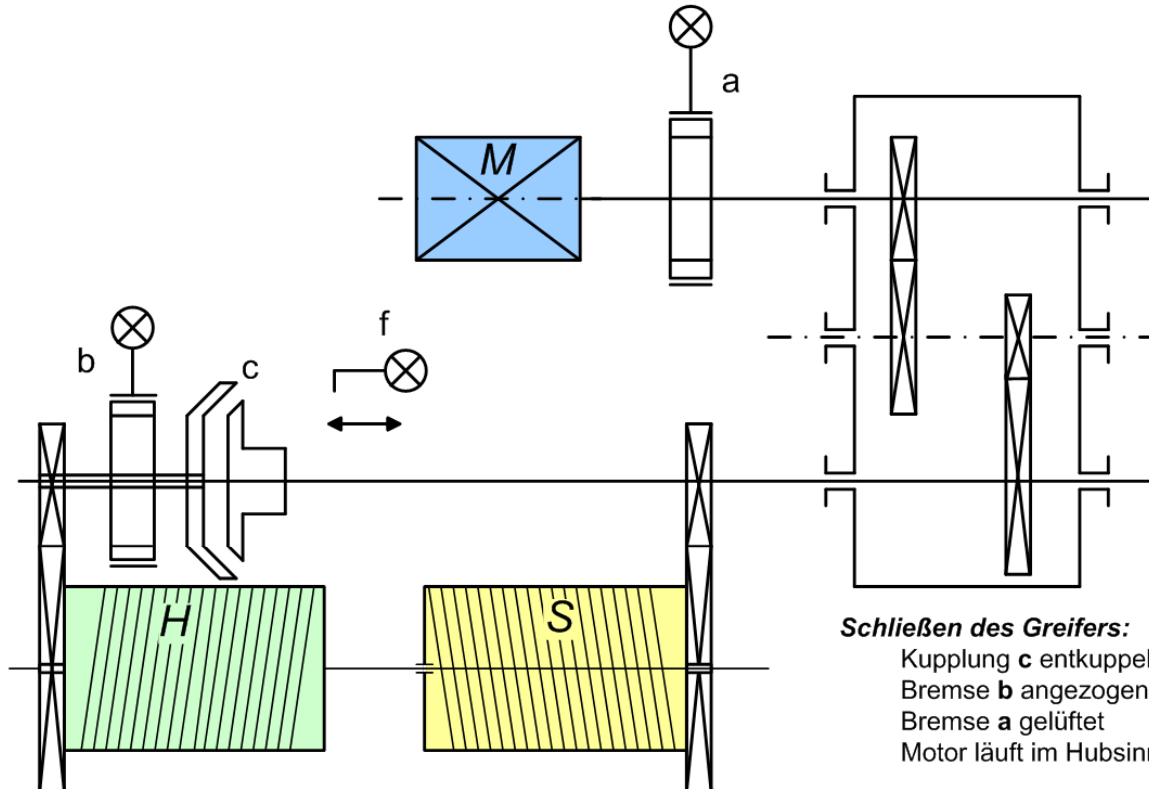
4 Seile (2xH + 2xS)



H... Trommel für Halteseil

S... Trommel für Hub-/Schließseil

Greiferwindwerke



- a,b Doppelbackenbremse
- c... Reibungskupplung
- f... Lüftgerät für Kupplung
- M... Antriebsmotor
- H... Haltetrommel
- S... Schließtrommel

Ein-Motor-Zweiseilgreiferwindwerk mit Reibungskupplung

Schließen des Greifers:
Kupplung **c** entkuppelt
Bremse **b** angezogen
Bremse **a** gelüftet
Motor läuft im Hubsinn

Heben und Senken:
Bremsen **a** und **b** gelüftet,
Kupplung **c** eingekuppelt,
beide Trommeln laufen im Hub- oder Senksinne
gleich schnell.

Öffnen:
Wie beim Schließen wird **c** entkuppelt,
Bremse **b** angezogen,
Motor läuft im Senksinne.

Greiferwindwerke

Schließen:

Bremse **b** angezogen
Hubmotor M_H steht
Bremse **a** gelüftet, Hohlräder stehen, Planetenrad
läuft um und Schließmotor M_S treibt
Schließstrommel im Hubsinne

Heben und Senken:

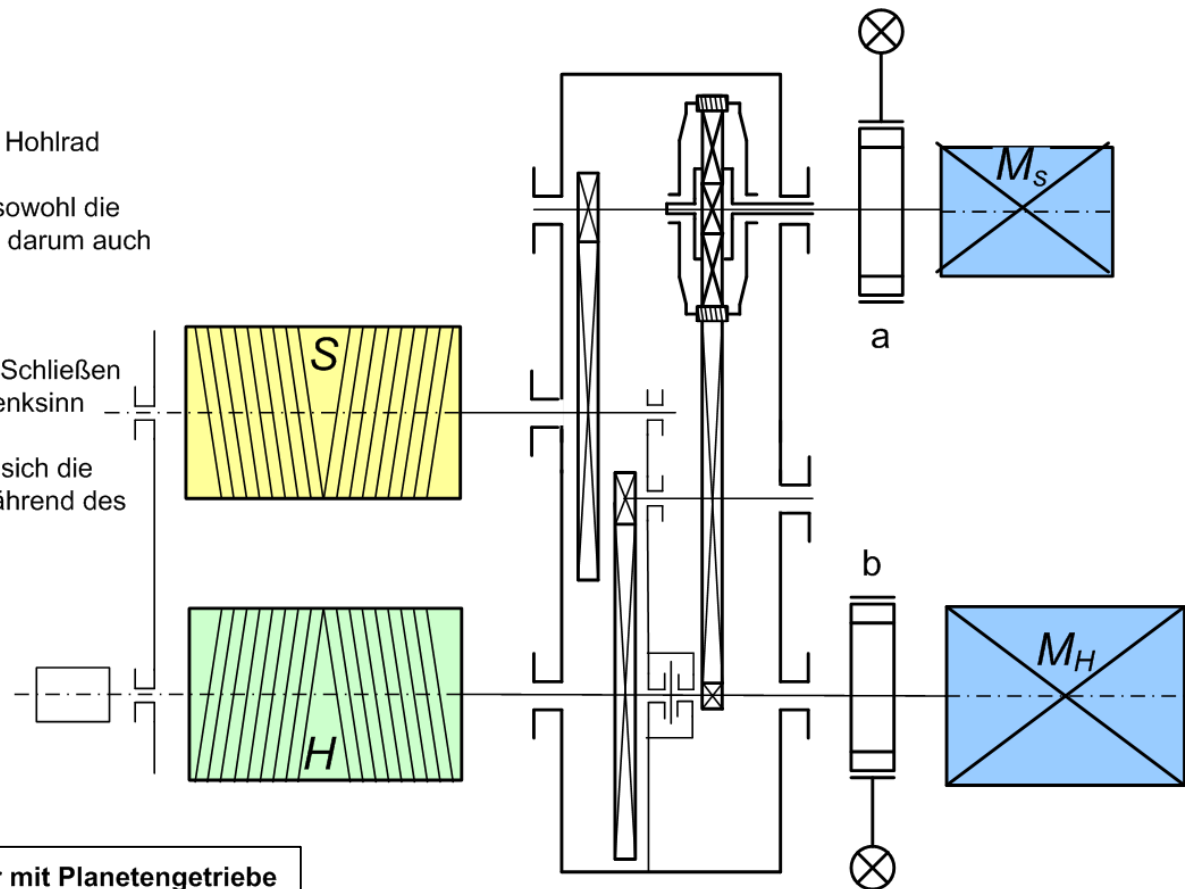
Bremse **b** gelüftet
a angezogen, Sonnenrad steht still, Hohlräder
drehen sich, Planetenrad läuft um
Hubmotor M_H läuft allein und treibt sowohl die
Schließ- als auch die Haltetrommel, darum auch
größer

Öffnen:

Die gleichen Verhältnisse wie beim Schließen
Der Schließmotor läuft jedoch im Senksinn

Beim Einschalten beider Motoren lassen sich die
Bewegungen überlagern (z.B.: Öffnen während des
Senkens)

A, b Doppelbackenbremsen
H... Haltetrommel
S... Schließstrommel
 M_H ... Motor Haltetrommel
 M_S ... Motor Schließstrommel



Zwei-Motor-Vierseilgreifer mit Planetengetriebe

Greiferwindwerke

- a,b Doppelbackenbremse
- c... Differentialschalter
- H... Haltetrommel
- S... Schließtrommel
- M_H... Motor Haltetrommel
- M_S... Motor Schließtrommel

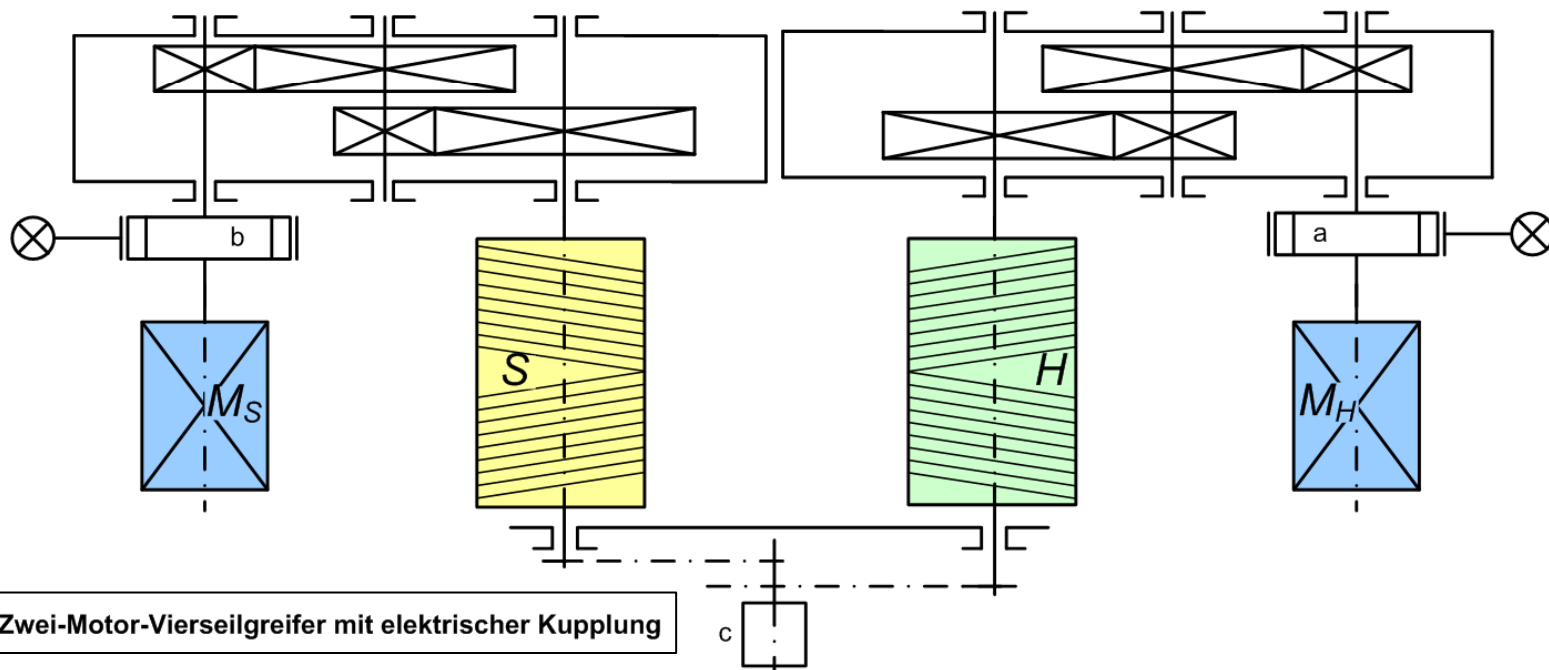
Schließen und Öffnen:

- Bremse **b** gelüftet
- a** angezogen
- Schließmotor läuft allein

Heben und Senken:

- Beide Bremsen gelüftet
- beide Motoren laufen

Differentialschalter **c** sorgt für richtiges Zuschalten des Haltemotors und für den Gleichlauf der Motoren.



Auslegung von Greiferwindwerken

Lastverhältnisse bei Schüttgutgreifern:

$$G \approx Q$$

$G \dots$ Greifereigengewicht (-Moment)
 $Q \dots$ Nutzlast (-Moment)
 $M_H \dots$ Hubmoment des Antriebsmotors

Hubmoment beim **Ein-Motor-Greifer**:

$$M_H = G + Q$$

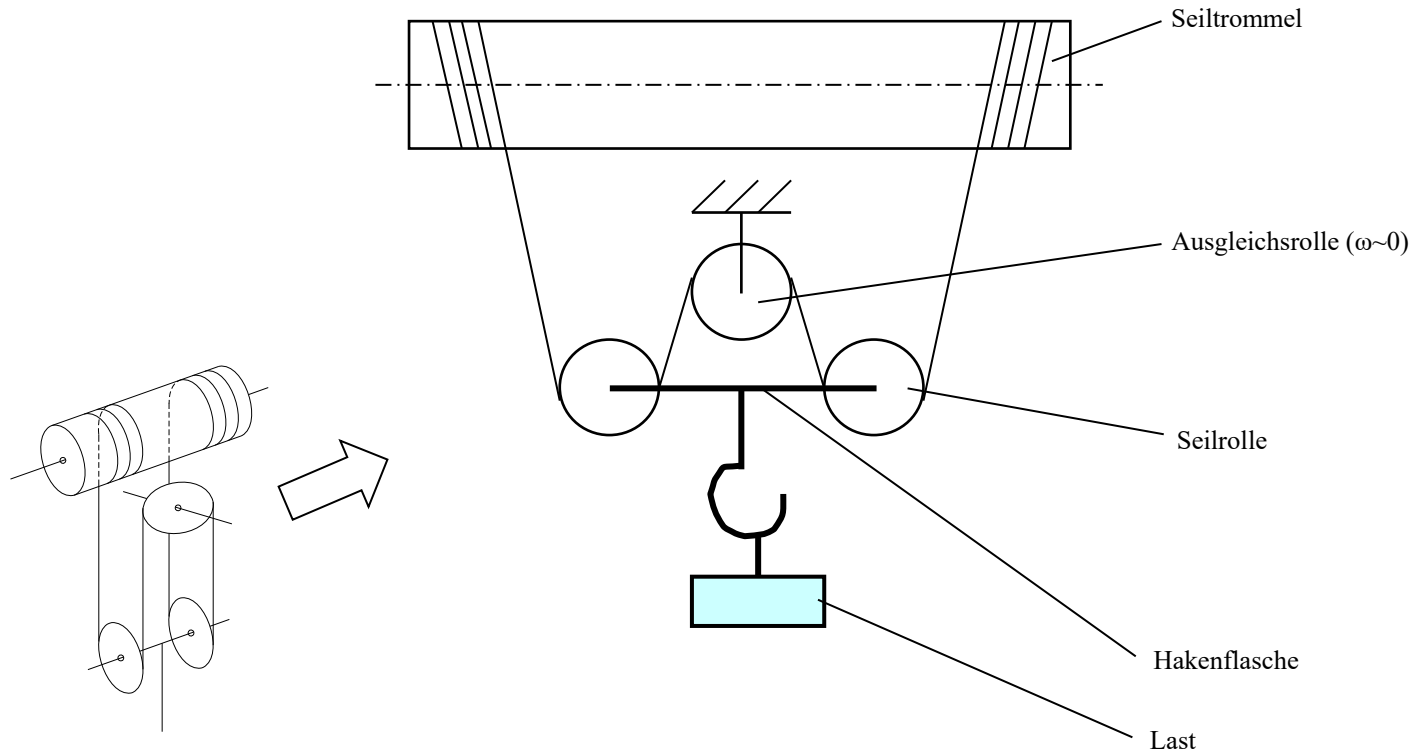
Hubmoment beim **Zwei-Motor-Greifer** (mit elektr. Kupplung):

$$M_H \approx 0,75 \cdot (G + Q)$$

Hubwerke

- Berechnung von Seiltrieben

- Seilberechnung - Kranhubwerk-Seile





Betriebsweise

- Einteilung in Triebwerksgruppen - nach Laufzeitklassen und Lastkollektiven

Laufzeit- klasse	Kurzzeichen			V ₀₀₆	V ₀₁₂	V ₀₂₅	V ₀₅	V ₁	V ₂	V ₃	V ₄	V ₅
	mittlere Laufzeit je Tag in h, bezogen auf 1 Jahr			bis 0,125	über 0,125 bis 0,25	über 0,25 bis 0,5	über 0,5 bis 1	über 1 bis 2	über 2 bis 4	über 4 bis 8	über 8 bis 16	über 16
Last- kollektiv	Nr	Benennung	Erklärung	Triebwerkgruppe								
	1	leicht	geringe Häufigkeit der größten Last	1E _m	1E _m	1D _m	1C _m	1B _m	1A _m	2 _m	3 _m	4 _m
	2	mittel	etwa gleiche Häufigkeit von kleinen, mittleren und größten Lasten	1E _m	1D _m	1C _m	1B _m	1A _m	2 _m	3 _m	4 _m	5 _m
	3	schwer	nahezu ständig größte Lasten	1D _m	1C _m	1B _m	1A _m	2 _m	3 _m	4 _m	5 _m	5 _m
Bei einer Dauer eines Arbeitsspielcs von 12 Minuten oder mehr darf der Seiltrieb um 1 Triebwerkgruppe niedriger gegenüber der Triebwerkgruppe eingestuft werden, die aus Laufzeitklasse und Lastkollektiv ermittelt wird.												

Seildurchmesser

$$d_{\min} = c \cdot \sqrt{F_S}$$

Triebwerk- gruppe	c in mm/√N für													
	übliche Transporte und					Gefährliche Transporte ^{d)} und								
	nicht drehungsfreie Drahtseile					drehungsfreie bzw. drehungsarme Drahtseile ^{e)}			nicht drehungsfreie Drahtseile			drehungsfreie bzw. drehungsarme Drahtseile ^{e)}		
	Nennfestigkeit der Einzeldrähte in N/mm ²													
	1570	1770	1960	2160	2450	1570	1770	1960	1570	1770	1960	1570	1770	1960
1 E _m ^{b)}	-	0,0670	0,0630	0,0600	0,0560	-	0,0710	0,0670	-	-	-	-	-	-
1 D _m	-	0,0710	0,0670	0,0630	0,0600	-	0,0750	0,0710	-	-	-	-	-	-
1 C _m	-	0,0750	0,0710	0,0670		-	0,0800	0,0750	-	-	-	-	-	-
1 B _m	0,0850	0,0800	0,0750	-	-	0,0900	0,0850	0,0800	-	-	-	-	-	-
1 A _m	0,0900	0,0850		-	-	0,0950		0,0900	0,0950			0,106		
2 _m	0,0950			-	-	0,106			0,106			0,118		
3 _m	0,106			-	-	0,118			0,118			-		
4 _m	0,118			-	-	0,132			0,150			-		
5 _m	0,132			-	-	0,150			0,150			-		

F_S ... Seilzugkraft

Seiltrommel-, Seilrollen- und Ausgleichsrollen-Durchmesser

$$D_{\min} = h_1 \cdot h_2 \cdot d$$

Triebwerk- gruppe	h_1 für					
	Seiltrommel und nicht drehungsfreie Drahtseile		Seilrolle und nicht drehungsfreie Drahtseile		Ausgleichrolle und nicht drehungsfreie Drahtseile	
	drehungsfreie bzw. drehungsarme ⁶⁾ Drahtseile	drehungsfreie bzw. drehungsarme ⁶⁾ Drahtseile	drehungsfreie bzw. drehungsarme ⁶⁾ Drahtseile	drehungsfreie bzw. drehungsarme ⁶⁾ Drahtseile	drehungsfreie bzw. drehungsarme ⁶⁾ Drahtseile	drehungsfreie bzw. drehungsarme ⁶⁾ Drahtseile
1E _m	10	11,2	11,2	12,5	10	12,5
1D _m	11,2	12,5	12,5	14	10	12,5
1C _m	12,5	14	14	16	12,5	14
1B _m	14	16	16	18	12,5	14
1A _m	16	18	18	20	14	16
2 _m	18	20	20	22,4	14	16
3 _m	20	22,4	22,4	25	16	18
4 _m	22,4	25	25	28	16	18
5 _m	25	28	28	31,5	18	20

Seilrollen in Greifern dürfen unabhängig von der Einstufung des übrigen Seiltriebes nach Triebwerkgruppe 1B_m bemessen werden.

⁶⁾ Bei Serienhebezeugen dürfen für drehungsfreie bzw. drehungsarme Drahtseile die gleichen Beiwerte h_1 benutzt werden wie für nicht drehungsfreie Drahtseile, wenn durch die Wahl der Seilkonstruktion eine ausreichende Auflagezeit erreicht wird.

Anzahl der Biegewechsel w	h_2	
	Seiltrommeln, Ausgleichsrollen	Seilrollen
bis 5	1,0	1,0
6 bis 9	1,0	1,12
ab 10	1,0	1,25

Für Seilscheiben in Serienhebezeugen und Greifern kann unabhängig von der Anordnung des Seiltriebes $h_2 = 1$ gesetzt werden.

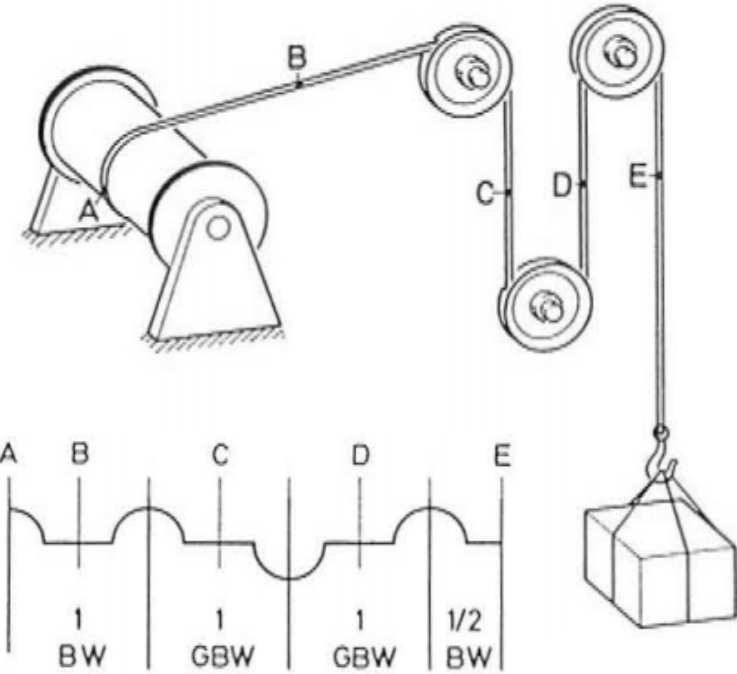
Biegewechsel

Zur Bestimmung von h_2 werden die Seiltriebe nach der Anzahl der Biegewechsel eingeteilt, die das am ungünstigsten beanspruchte Seilstück während eines Lastspiels durchläuft.

Biegewechsel & Gegenbiegewechsel:

Ein Biegewechsel wird definiert als eine Biegung aus dem gekrümmten in den geraden und wieder zurück in den ursprünglich gekrümmten Zustand (Kurzzeichen \curvearrowright), oder aus dem geraden in den gekrümmten und wieder zurück in den ursprünglich geraden Zustand (Kurzzeichen \curvearrowleft). Ein Gegenbiegewechsel wird definiert als Biegung aus dem gekrümmten in den geraden und weiter in den entgegengesetzt gekrümmten Zustand (Kurzzeichen \curvearrowleft).

$$w = w_{\curvearrowright} + 2 w_{\curvearrowleft}$$



von A nach B	1/2 Biegewechsel
von B nach C	1 Biegewechsel
von C nach D	1 Biegewechsel
von D nach E	1 Biegewechsel

(... nach DIN 15020)

Biegewechsel

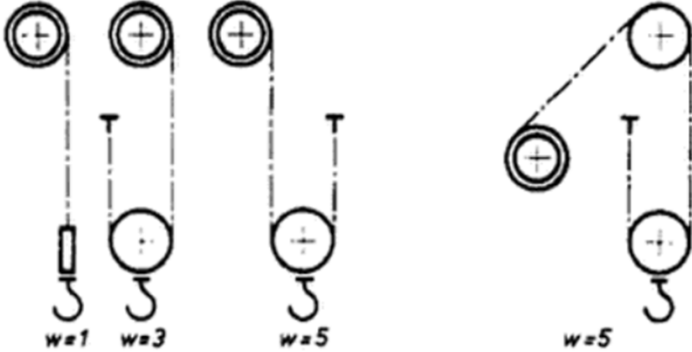
Beschreibung	Anordnungsbeispiele von Seiltrieben (Trommeln sind in Doppellinien angegeben)	w	h_2 für Seil- trommeln, Ausgleich- rollen	Seil- rollen
Drahtseil läuft auf Seil- trommel und über höchstens 2 Seilrollen mit gleichsinniger Biegung oder 1 Seilrolle mit Gegenbiegung		bis 5	1	1
Drahtseil läuft auf Seil- trommel und über höchstens 4 Seilrollen mit gleichsinniger Biegung oder 2 Seilrollen mit gleichsinniger und 1 Seilrolle mit Gegenbiegung oder 2 Seilrollen mit Gegenbiegung		6 bis 9	1	1,12
Drahtseil läuft auf Seil- trommel und über mindestens 5 Seilrollen mit gleichsinniger Biegung oder 3 Seilrollen mit gleichsinniger und 1 Seilrolle mit Gegenbiegung oder 1 Seilrolle mit gleichsinniger und 2 Seilrollen mit Gegenbiegung oder 3 Seilrollen mit Gegenbiegung		ab 10	1	1,25
Für Seilrollen in Serienbezeugen und Greifern kann unabhängig von der Anordnung des Seiltriebes $h_2 = 1$ gesetzt werden.				
*) Ausgleichrolle				
7) Zuordnung von w und h_2 zu Beschreibung und Anwendungsbeispielen gilt nur, wenn ein Seilstück während eines Arbeitshubes die gesamte Anordnung des Seiltriebes durchläuft. Für die Ermittlung von h_2 brauchen nur die am ungünstigsten Seilstück auftretenden Werte w berücksichtigt zu werden.				

(1/3)

(2/3)

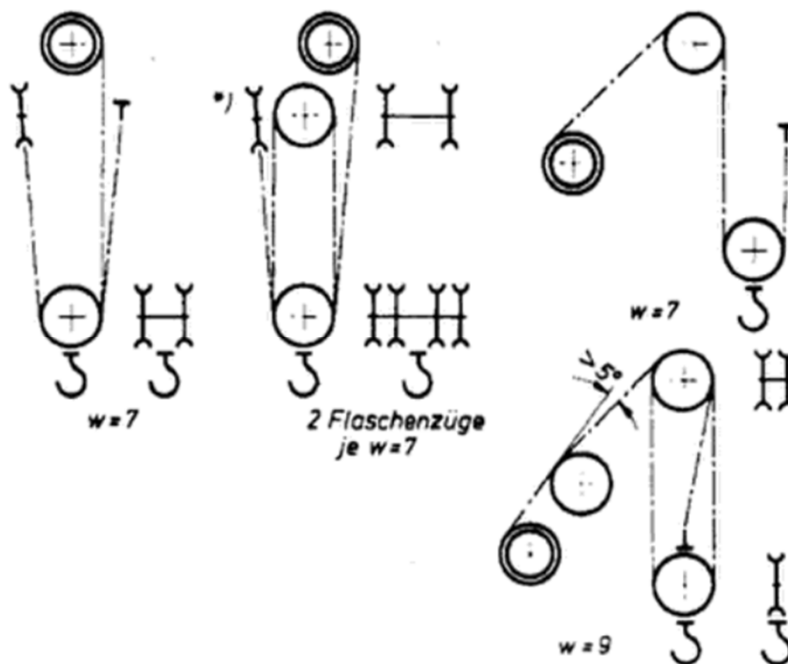
(3/3)

Biegewechsel

Beschreibung	Anordnungsbeispiele von Seiltrieben Anwendungsbeispiele (Trommeln sind in Doppellinien angegeben)	w	h_2 7) für	
			Seil- trommeln, Ausgleich- rollen	Seil- rollen
<p>Drahtseil läuft auf Seil- trommel und über höchstens 2 Seilrollen mit gleichsinniger Biegung oder 1 Seilrolle mit Gegenbiegung</p>		bis 5	1	1

(1 / 3)

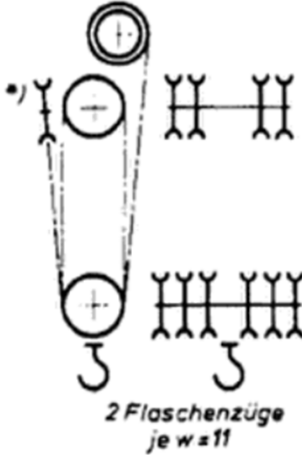
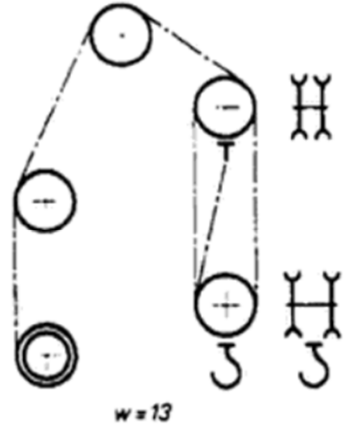
Biegewechsel

Beschreibung	Anordnungsbeispiele von Seiltrieben Anwendungsbeispiele (Trommeln sind in Doppellinien angegeben)	w	h_2 7) für	
			Seil- trommeln, Ausgleich- rollen	Seil- rollen
<p>Drahtseil läuft auf Seil- trommel und über höchstens 4 Seilrollen mit gleichsinniger Biegung oder 2 Seilrollen mit gleichsinniger und 1 Seilrolle mit Gegenbiegung oder 2 Seilrollen mit Gegenbiegung</p>		6 bis 9	1	1,12

(2 / 3)

(DIN 15020)

Biegewechsel

Beschreibung	Anordnungsbeispiele von Seiltrieben Anwendungsbeispiele (Trommeln sind in Doppellinien angegeben)	w	h_2 7) für	
			Seil- trommeln, Ausgleich- rollen	Seil- rollen
Drahtseil läuft auf Seil- trommel und über mindestens 5 Seilrollen mit gleichsinniger Biegung oder 3 Seilrollen mit gleichsinniger und 1 Seilrolle mit Gegenbiegung oder 1 Seilrolle mit gleichsinniger und 2 Seilrollen mit Gegenbiegung oder 3 Seilrollen mit Gegenbiegung	 <p style="text-align: center;">2 Flaschenzüge je $w=11$</p>			
	 <p style="text-align: center;">$w=13$</p>	ab 10	1	1,25

Für Seilrollen in Serienhebezeugen und Greifern kann unabhängig von der Anordnung des Seiltriebes $h_2 = 1$ gesetzt werden.

*) Ausgleichrolle

7) Zuordnung von w und h_2 zu Beschreibung und Anwendungsbeispielen gilt nur, wenn ein Seilstück während eines Arbeitshubes die gesamte Anordnung des Seiltriebes durchläuft. Für die Ermittlung von h_2 brauchen nur die am ungünstigsten Seilstück auftretenden Werte w berücksichtigt zu werden.

(3 / 3)

(DIN 15020)

Seilrillen

- Empfohlen wird für den Radius der Seilrillen:

$$r = 0,525 \cdot d$$

- Erweiterter Rillenabstand ca. +2 ... +5 mm

Mindest-Abmessungen – gewählte Abmessungen

$d_{\min} \rightarrow d$

$D_{\min} \rightarrow D$

...

Hauptwerte			
Grundreihen			
R5	R10	R20	R40

1,00	1,00	1,00	1,00
		1,12	1,12
	1,25	1,25	1,25
		1,40	1,40

1,60	1,60	1,60	1,60
		1,80	1,80
	2,00	2,00	2,00
		2,24	2,24

2,50	2,50	2,50	2,50
		2,80	2,80
	3,15	3,15	3,15
		3,55	3,55

6,30	6,30	6,30	6,30
		7,10	7,10
	8,00	8,00	8,00
		9,00	9,00

4,00	4,00	4,00	4,00
		4,50	4,50
	5,00	5,00	5,00
		5,60	5,60

($\cdot 10^n$)

Seilberechnung

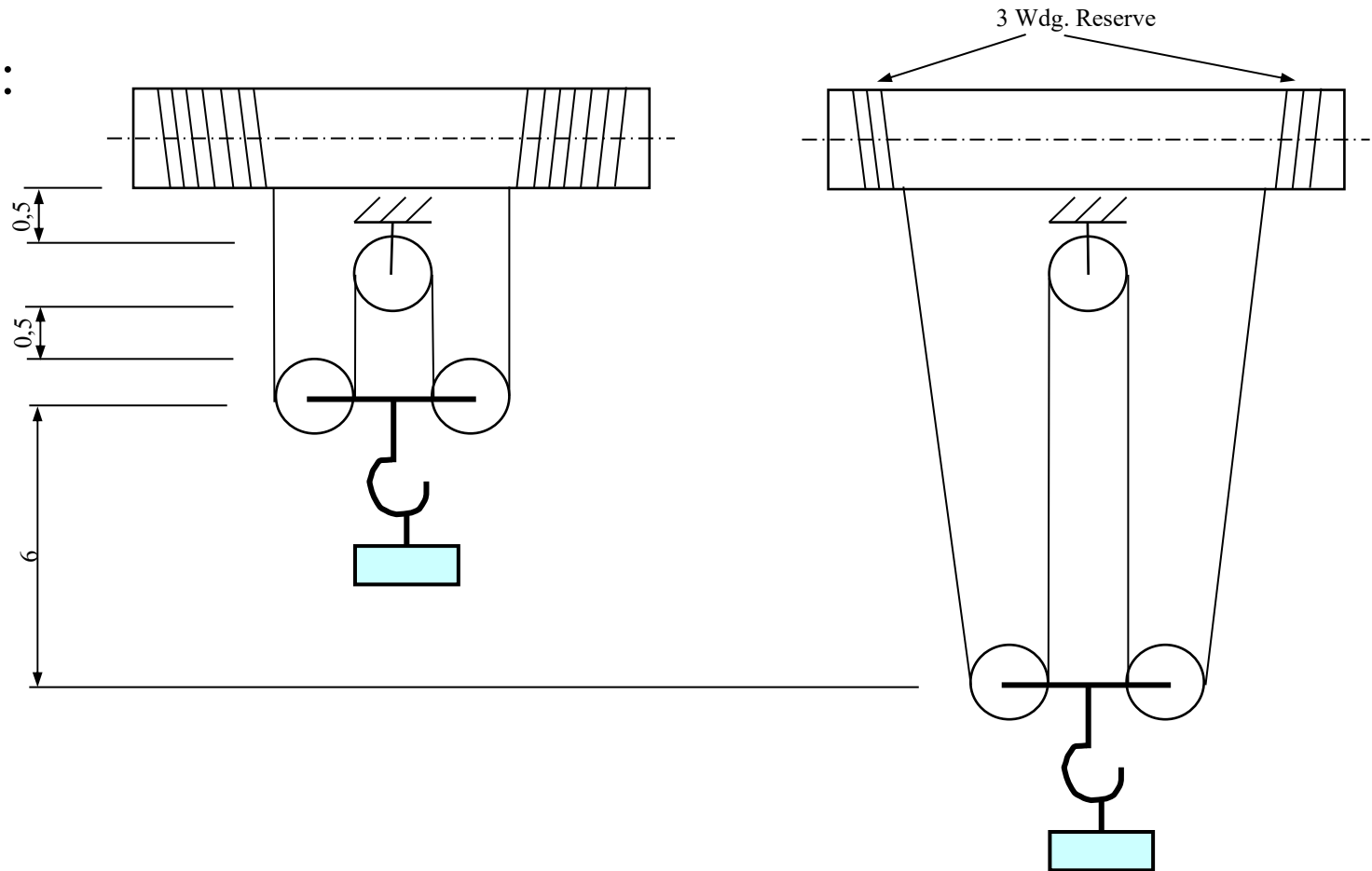
- Vorgehensweise:
 - Berechnung der Seilzugkraft (Kräftegl.gew. Bei Schnitt über der Hakenflasche)
 - Berechnung des Seildurchmessers bzw. Auswahl des Seils (Beiwert c)
 - Berechnung der erforderlichen Durchmesser von Seiltrommel, Seilrollen und Ausgleichsrolle (Beiwerte h)
 - Berechnung des empfohlenen Seilrillen-Radius
 - Etwaige weitere Geometrie-Berechnungen (Seillänge, Trommelbreite etc.)

Beispiel

- Vorgabe:
 - Hubwerk eines Krans mit Zwillingstrommel (4 tragende Seilstränge)
 - Masse von Last und Hakenflasche ca. $m_{\text{hub}} = 10,2 \text{ t}$
 - Betrieb ca. 1 bis 2 h je Tag im Mittel
 - bei etwa gleicher Häufigkeit kleiner, mittlerer und großer Lasten
 - Für üblichen Transport
 - Bei Verwendung nicht drehungsfeier Drahtseile (geringerer Nennfestigkeit)
- Gesucht:
 - Seildurchmesser
 - Durchmesser der Seiltrommel, Seilrollen und Ausgleichsrolle
 - Seilrillen-Radius
 - Seillänge und Maße an der Seiltrommel

Beispiel

- Aufbau:

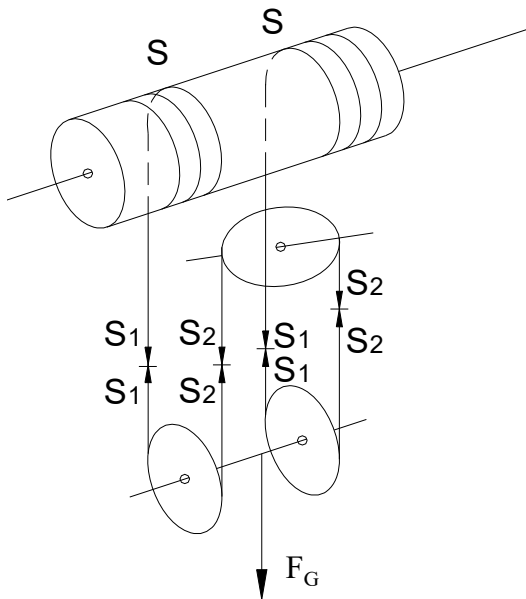
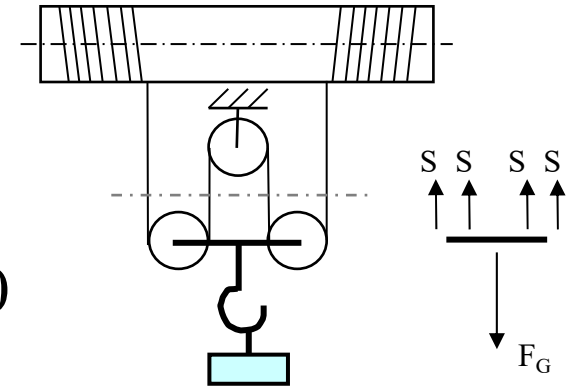


Maße in Metern

Beispiel

- Ermittlung der größten Seilzugkraft

Kräftegleichgewicht: $F_G - 2 \cdot S_1 - 2 \cdot S_2 = 0$



(Mit Widerstand in den Seilrollen: $S_2 = S_1 \cdot \eta_R$)

Ohne Widerstand in den Seilrollen: $S_2 = S_1 = S$

Seilzugkraft:

$$\underline{S} = F_G / 4 = m_{\text{hub}} \cdot g / 4 = \underline{25 \text{ kN}}$$

Beispiel

- Berechnung des Seildurchmessers: $d_{\min} = c \cdot \sqrt{F_S}$
 - **C** ... lt. Tabelle
 - für mittleres Lastkollektiv bei Betrieb von 1 bis 2 h je Tag (V1):
→ Triebwerkgruppe = $1A_m$
 - für üblichen Transport, nicht-drehungsfreie Drahtseile mit 1570 N/mm^2 :
→ $c = 0,090 \text{ mm}/\sqrt{\text{N}}$
 - **F_S** ...
 - entspricht S: $F_S = 25000 \text{ N}$
- ⇒ **Seildurchmesser:**
 $d_{\min} = 14,23 \text{ mm}$
 gewählt: $d = 16 \text{ mm}$

Gewähltes Seil: **Seil 16 DIN 3066 FE bk 1570 sZ**

Beispiel

- Berechnung des Durchmessers von:

$$D_{\min} = h_1 \cdot h_2 \cdot d$$

- Seiltrommel
- Seilrolle
- Ausgleichsrolle

- h_1 ... lt. Tabelle

- Seiltrommel: $\underline{h_1 = 16}$
- Seilrolle: $\underline{h_1 = 18}$
- Ausgleichsrolle: $\underline{h_1 = 14}$

⇒ Durchmesser der **Seiltrommel**:

$$D_{\min} = 16 \cdot 1,0 \cdot 16 = 256 \text{ mm}$$

gewählt: $\underline{D_{Tr} = 265 \text{ mm}}$

⇒ Durchmesser der **Seilrolle**:

$$D_{\min} = 18 \cdot 1,0 \cdot 16 = 288 \text{ mm}$$

gewählt: $\underline{D_{SR} = 300 \text{ mm}}$

- h_2 ... lt. Tabelle

- für bis 5 Biegewechsel (w):
- Seiltrommel: $\underline{h_2 = 1,0}$
- Seilrolle: $\underline{h_2 = 1,0}$
- Ausgleichsrolle: $\underline{h_2 = 1,0}$

⇒ Durchmesser der **Ausgleichsrolle**:

$$D_{\min} = 14 \cdot 1,0 \cdot 16 = 224 \text{ mm}$$

gewählt: $\underline{D_{AR} = 236 \text{ mm}}$

Beispiel

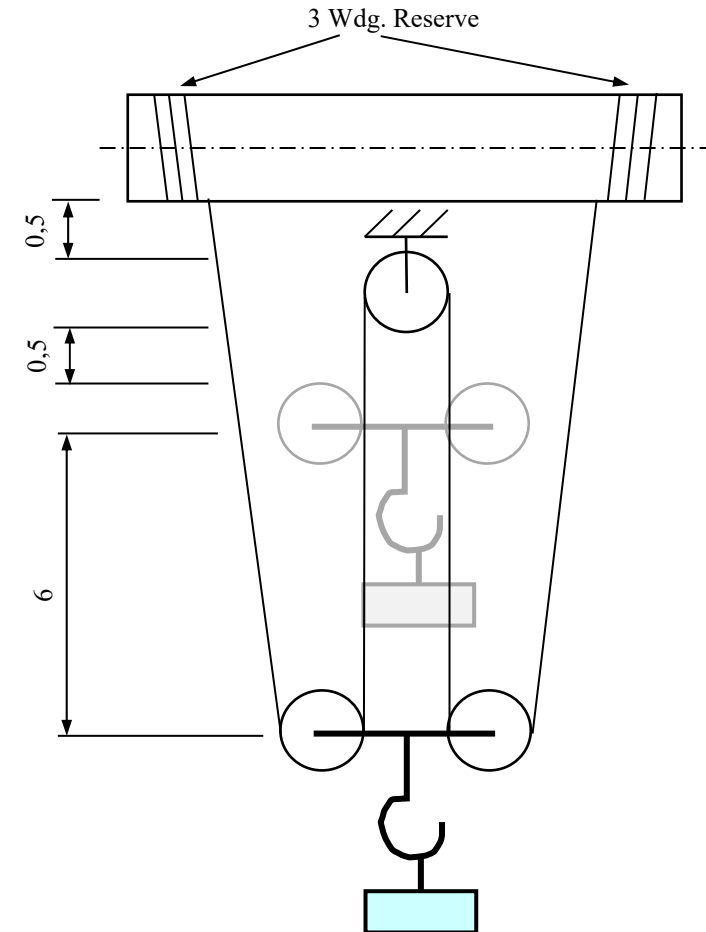
- Berechnung des **Seilrillen-Radius**:

$$r = 0,525 \cdot d \quad \underline{r_{\text{Rille}} = 8,4 \text{ mm}}$$

- Berechnung der **Seillänge**: (in m)

$$L_S = 2 \cdot (D_{\text{Tr}} \cdot \pi \cdot 3 + 0,5\text{m} + D_{\text{AR}} + 0,5\text{m} + D_{\text{SR}}/2 + 6\text{m} + D_{\text{SR}} \cdot \pi/2 + 6\text{m} + D_{\text{SR}}/2 + 0,5\text{m} + D_{\text{AR}}/2 + D_{\text{AR}} \cdot \pi/4) = 34,62 \text{ m}$$

gewählt: $\underline{L_S = 35 \text{ m}}$



Beispiel

- Berechnung der **Maße an der Seiltrommel**:

Anzahl der Windungen: (je Seite)

$$n_{\text{Wdg}} = (3 + 12\text{m}/(D_{\text{Tr}} \cdot \pi)) = 17,4$$

gewählt: $n_{\text{Wdg}} = 18$

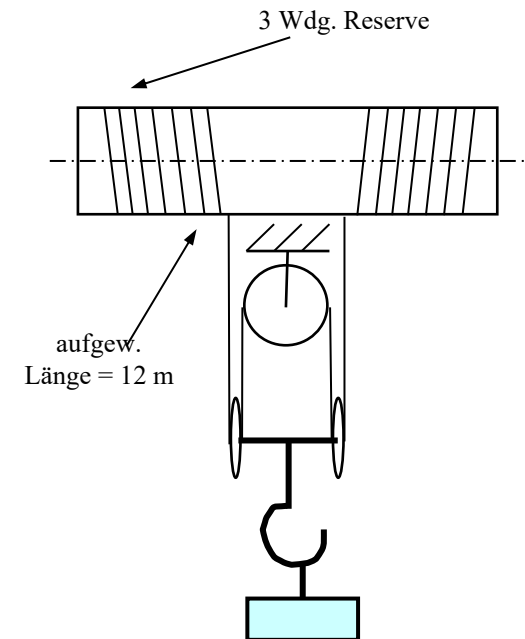
Breite des Bereichs mit Windungen: (je Seite)

$$B_{\text{Wdg}} = 2 \cdot (r_{\text{Rille}} + 2\text{mm}) \cdot n_{\text{Wdg}} = 374,4 \text{ mm}$$

Trommelbreite:

$$B_{\text{Tr}} = 2 \cdot (B_{\text{Wdg}} + D_{\text{AR}}/2) = 984,8 \text{ mm}$$

gewählt: $B_{\text{Tr}} = 1000 \text{ mm}$



Vollastbeharrungsleistung

Vollastbeharrungsleistung:

$$P_L = \frac{F_{\text{ges}} \cdot v_H}{\eta_{\text{ges}}}$$

$$\eta_{\text{ges}} = \eta_{RZ} \cdot \eta_{Tr} \cdot \eta_{Getr}$$

$P_L \dots$	Beharrungsleistung [W]
$F_{\text{ges}} \dots$	Nutz- und Totlast bei Hubwerken [N]
$v_H \dots$	Hubgeschwindigkeit [m/s]
$\eta_{\text{ges}} \dots$	Gesamtwirkungsgrad [-]
$\eta_{RZ} \dots$	Wirkungsgrad des Rollenzuges [-]
$\eta_{Tr} \dots$	Trommelwirkungsgrad [-]
$\eta_{Getr} \dots$	Getriebewirkungsgrad [-]

Vollastbeharrungsleistung stellt die Leistung im stationären Betrieb – bei konstanter Geschwindigkeit dar.

Auslegung von Hubmotoren-Einschaltdauer

$$ED = \frac{\sum t_B}{\sum t_E + \sum t_{St}} \cdot 100 \quad [\%]$$

ED...	Einschaltdauer
t_B ...	Belastungszeit
t_E ...	Einschaltzeit
t_{St} ...	Stillstandszeit

Richtwert für Krane: $ED \geq 40\%$ (100% ED bedeutet Dauerbetrieb)

Antriebsleistung bei Aussetzbetrieb

$$P_A = P_D \cdot \sqrt{\frac{100}{ED}}$$

P_A ...	Leistung bei Aussetzbetrieb [W]
P_D ...	Leistung im Dauerbetrieb [W]
ED...	Einschaltdauer aufgrund der Belastungs/Stillstandszeiten [%]

Beschleunigungsleistung

(bei $a = \text{konst.}$)

$P_{B.TR}$... Translationsbeschleunigungsleistung [W]

m_{Ges} ... Nutz- und Totlast bei
Hubwerken [kg]

v_H ... Hubgeschwindigkeit [m/s]

t_A ... Anlaufzeit; $t_A \approx 2...5$ sek.

η_{ges} ... Gesamtwirkungsgrad [-]

$$P_{B.TR} = \frac{m_{Ges} \cdot v_H^2}{t_A \cdot \eta_{ges}}$$

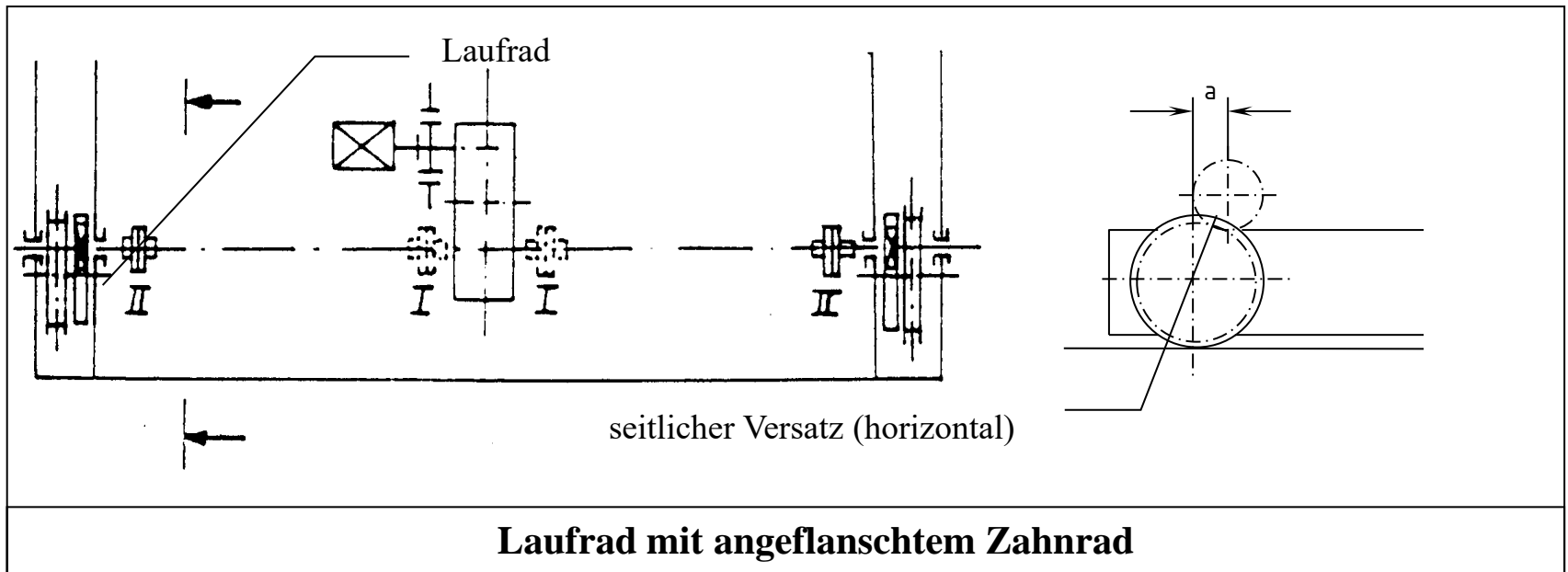
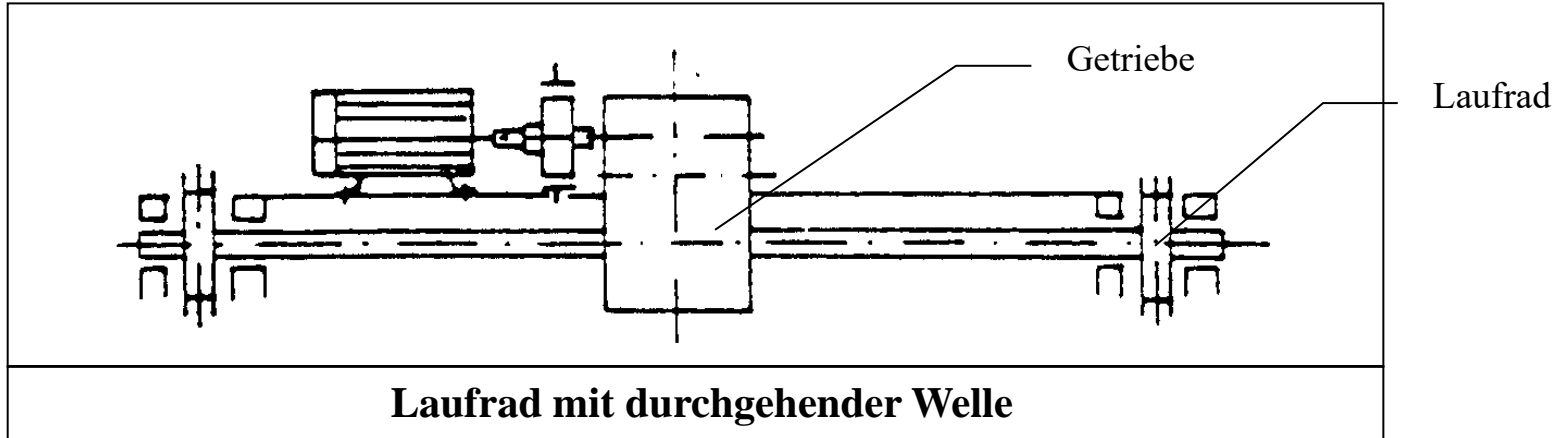
2. Laufkatzen

- Antriebe
- Bauformen

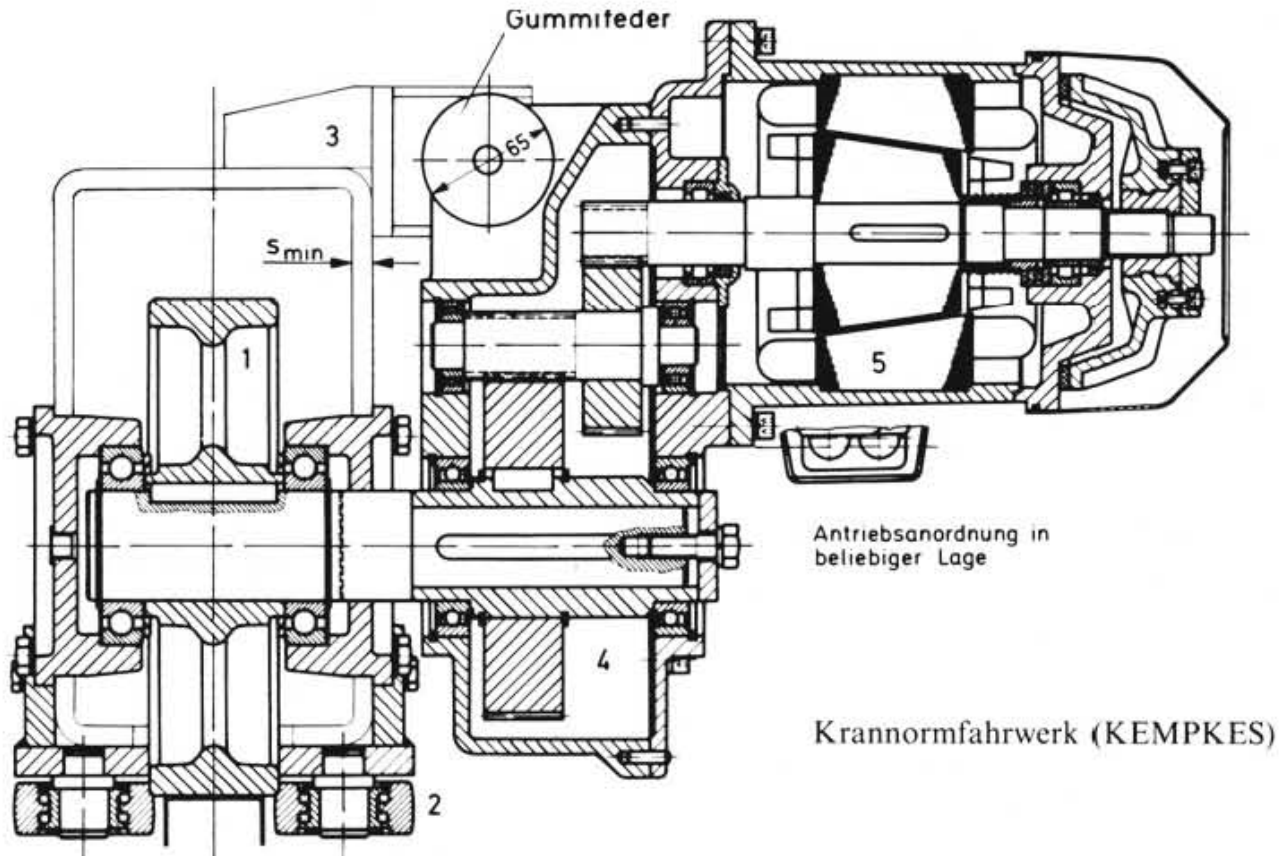
Laufkatzen

- Antriebe

Laufkatzfahrwerke - Mittenantrieb

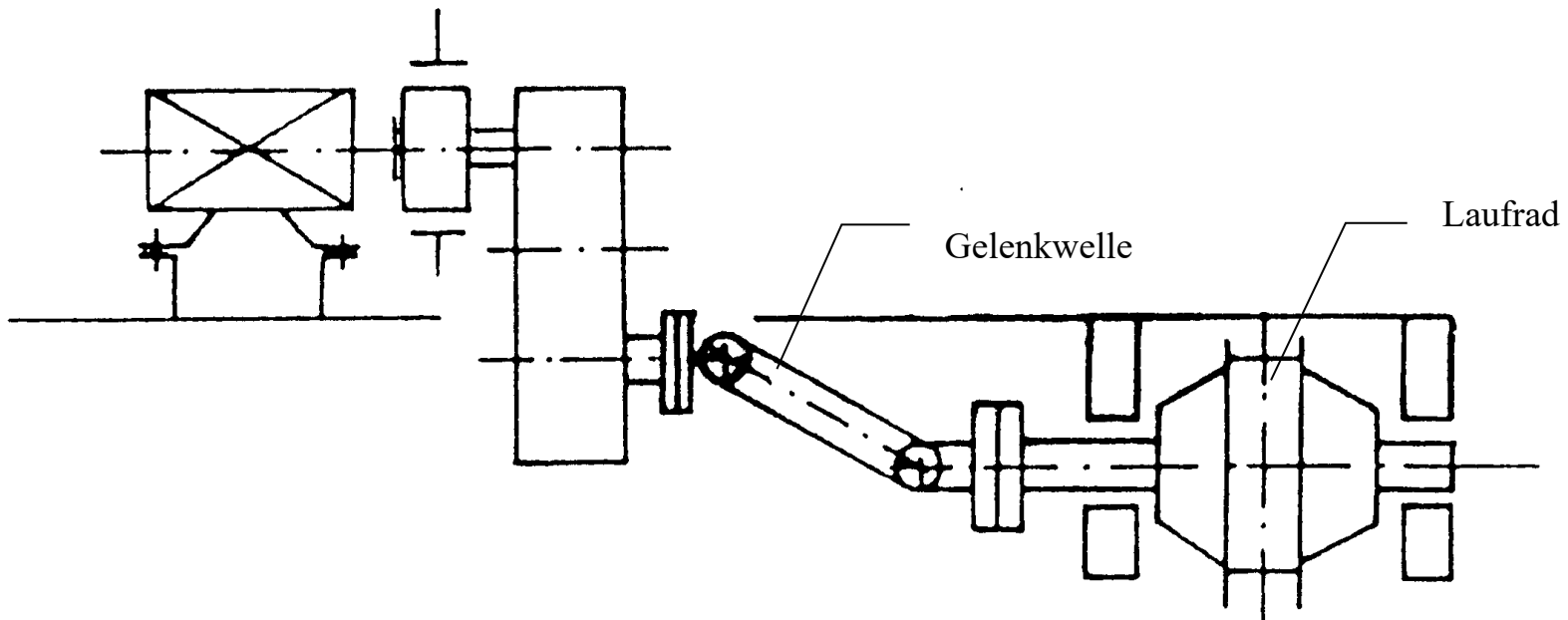


Laufkatzfahrwerke - Einzelantrieb



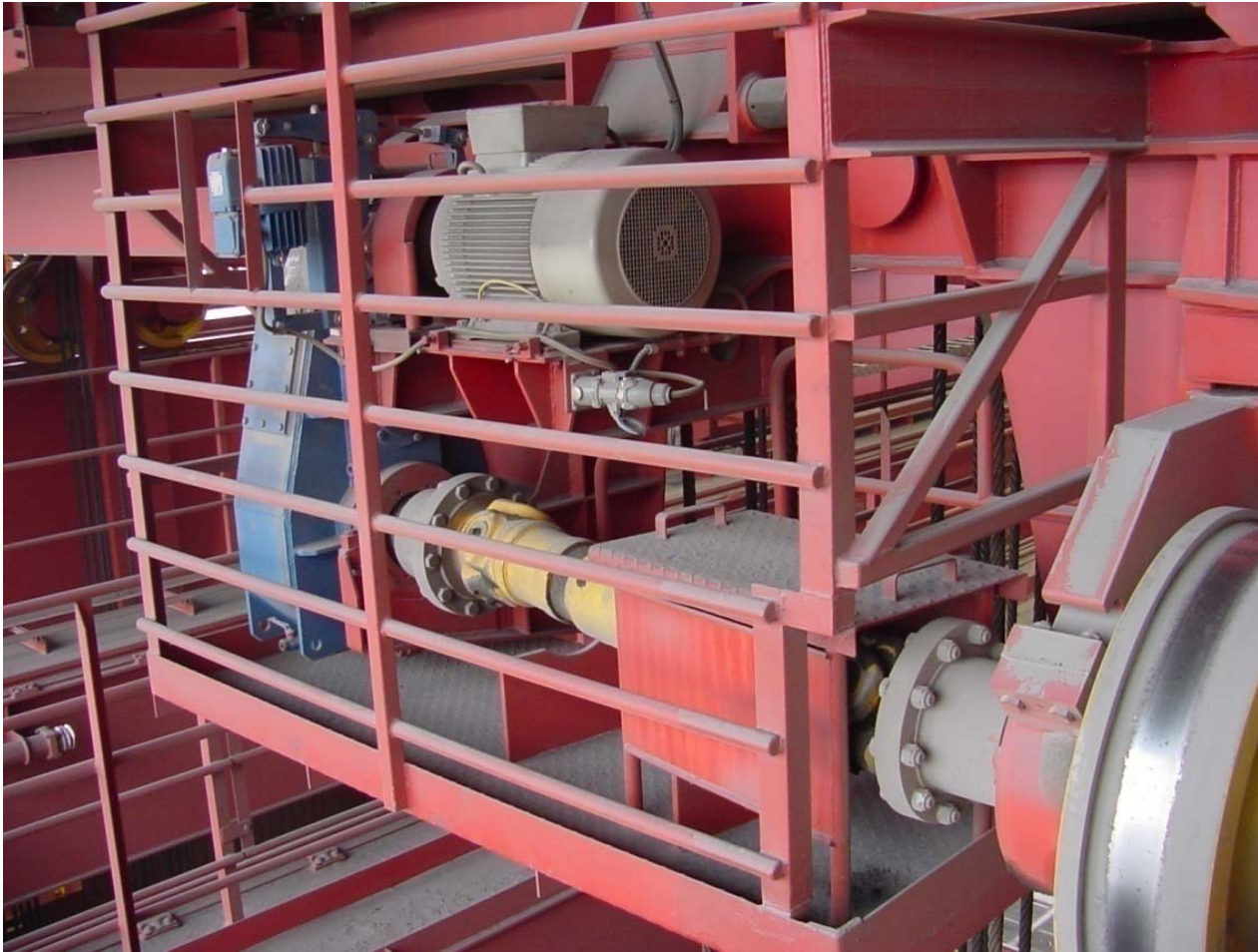
Einzel-Direktantrieb (Kompaktfahrwerk) ➤ Für kleine Arbeitsgeschwindigkeiten (<40m/min)

Laufkatzfahrwerke - Einzelantrieb



Einzelantrieb über Gelenkwelle für schwere Katzen

Laufkatzen-Antriebe



250t Gießkran VA-Linz - Kranbau Köthen 2003

Laufkatzen-Einzelantrieb über Gelenkwelle

Laufkatzen

- Bauformen

Laufkatzen - Bauformen

Ausführungsformen:

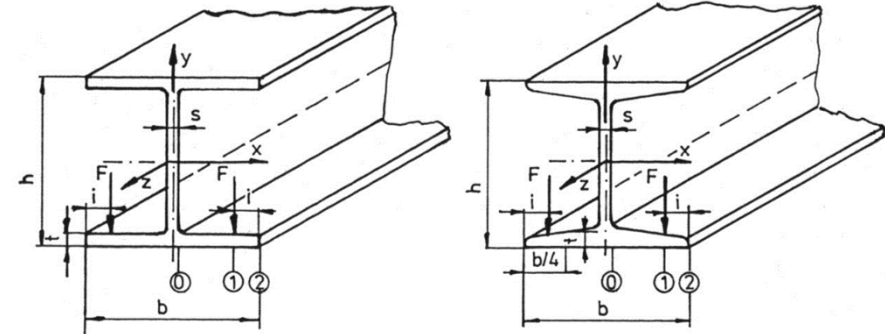
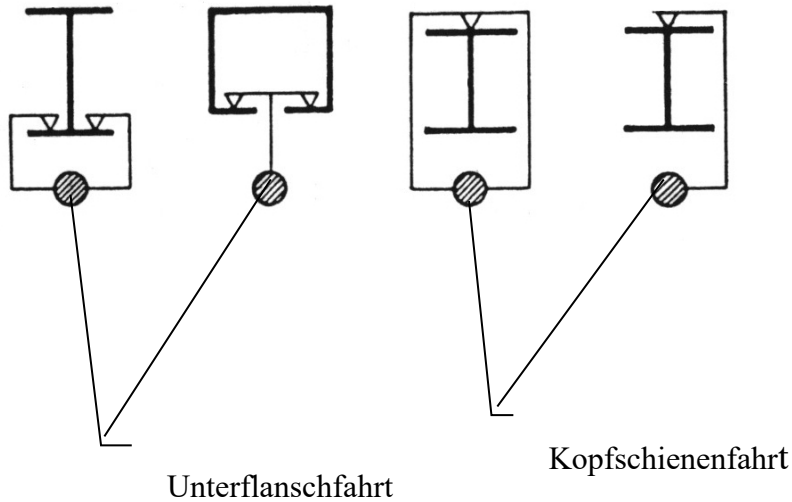
- Einschienenlaufkatzen
- Zweischielenkatze
- Laufkatzen für Einträgerkrane
- Seillaufkatze
- Drehlaufkatzen

Allgemeines:

- Katzrahmen aus Profilen und Blechen in Schweißkonstruktion.
- Antrieb eines Laufradpaares ausreichend
- Keine Bremse bei kleinen Fahrgeschwindigkeiten

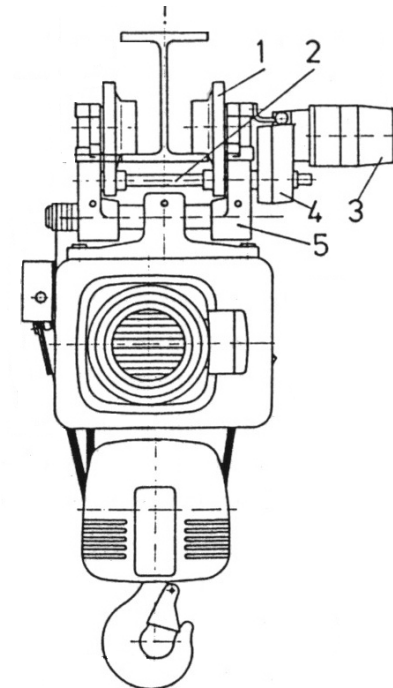
Laufkatzen - Einschiienenlaufkatzen

- Kompakte, hängende Bauweise
- Fast immer **Serienhebezeuge** als Hubwerke
- Antrieb mit ASM-Käfigläufer
- Tragfähigkeit von 0,125 bis 16 t

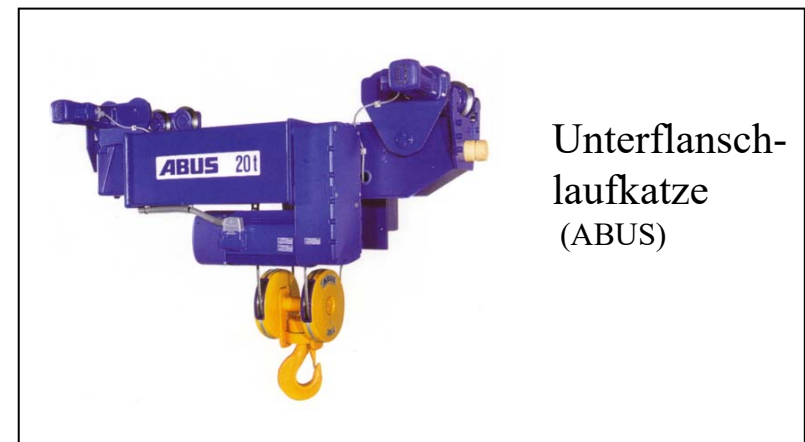
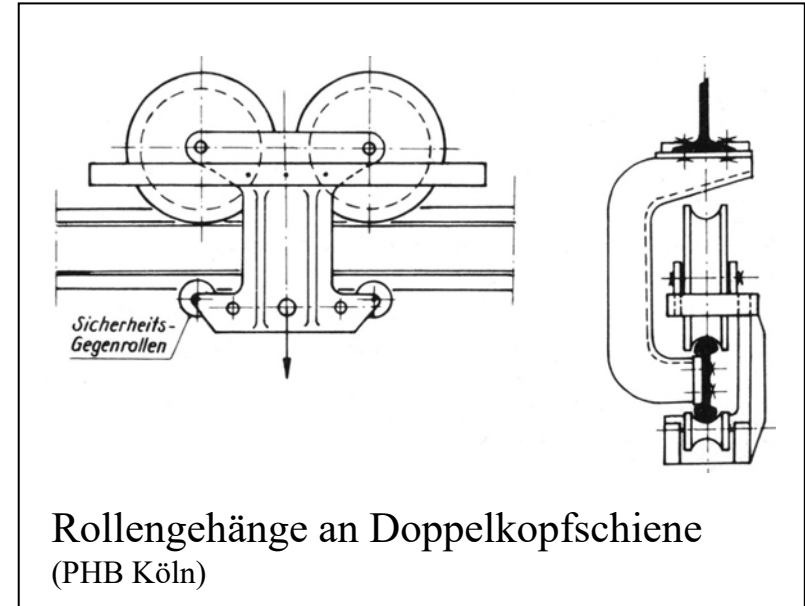
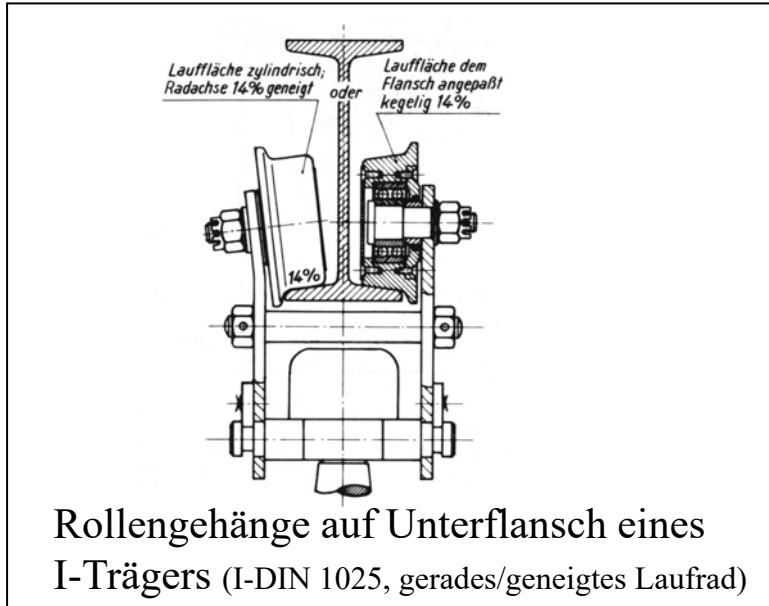


Tragfähigkeit begrenzt durch
Trägerflanschbeanspruchung
(Biegung, Pressung)
Anschlussmaße beachten!

Einschiienenlaufkatze für
Unterflanschfahrt

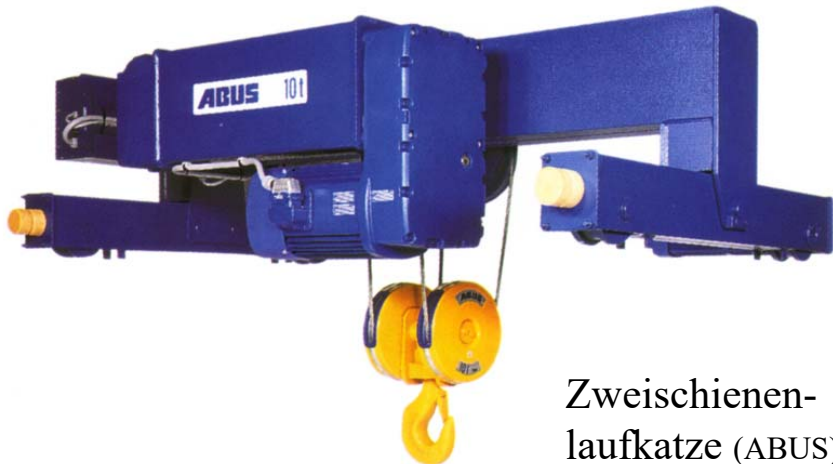


Laufkatzen - Einschiennenlaufkatzen

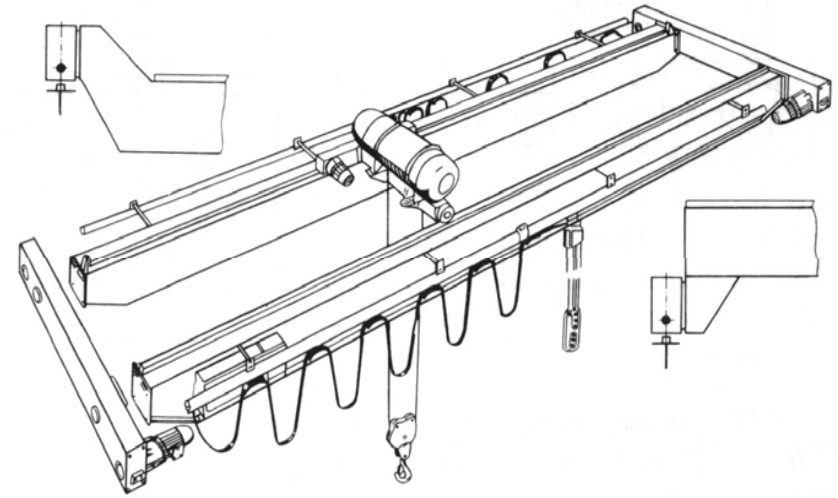


Laufkatzen - Zweischienenlaufkatzen

- Breitere Stützbasis (bessere Fahrbedingungen)
- Größere Arbeitsgeschwindigkeiten und Hubmassen
- Einsatz für Brücken und Portalkrane
- Herstellung als Serienhubwerke in Blockbauweise
- Tragfähigkeiten bis 80 t

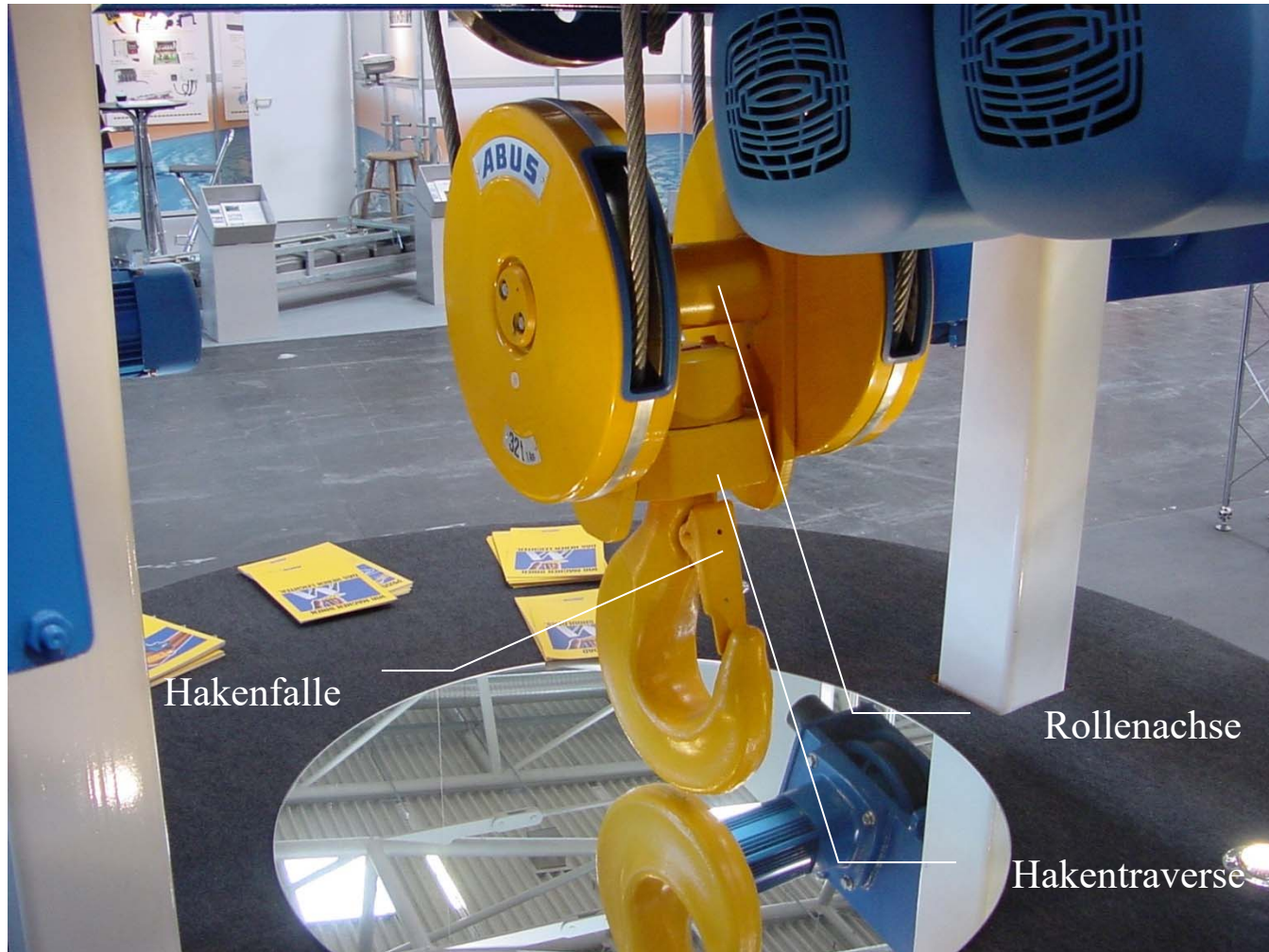


Zweischienen-
laufkatze (ABUS)



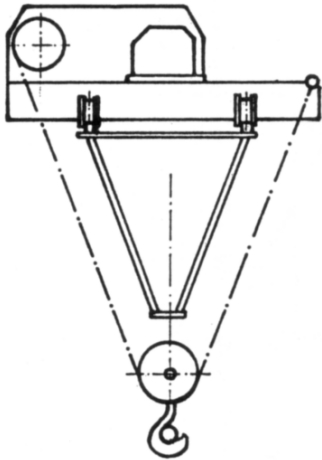
Zweiträgerbrückenkran in
Baukastensystem mit einer
3-Rad-Elektrozugkatze
(DEMAG)

Unterflansche



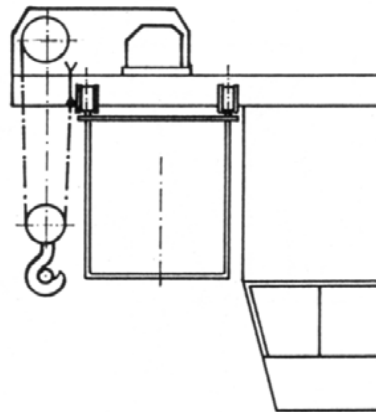
Laufkatzen für Einträgerkrane

Zweischienlaufkatze für Einträgerkrane mit
sym. Einleitung der Seilkräfte (*nicht
kippsichere Stützung*)



symm. Einleitung
der Seilkräfte

- Begrenzte Hubhöhe
- Tragfähigkeit
bis zu 12 t

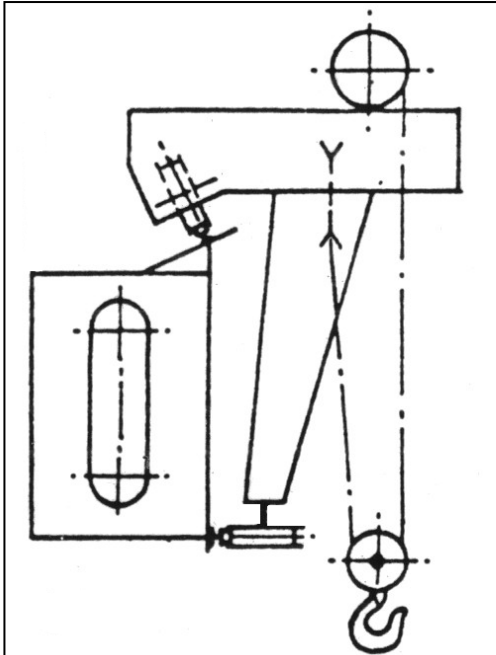


seitl. Einleitung
der Seilkräfte

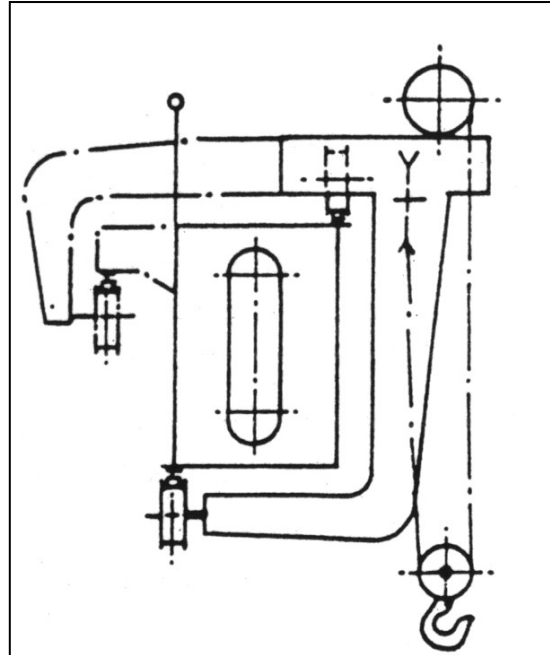
- Für Krane mit nur einen
Brückenträger
- Ausführung mit
 - nichtkippsicherer Stützung
 - kippsicherer Stützung

Laufkatzen für Einträgerkrane

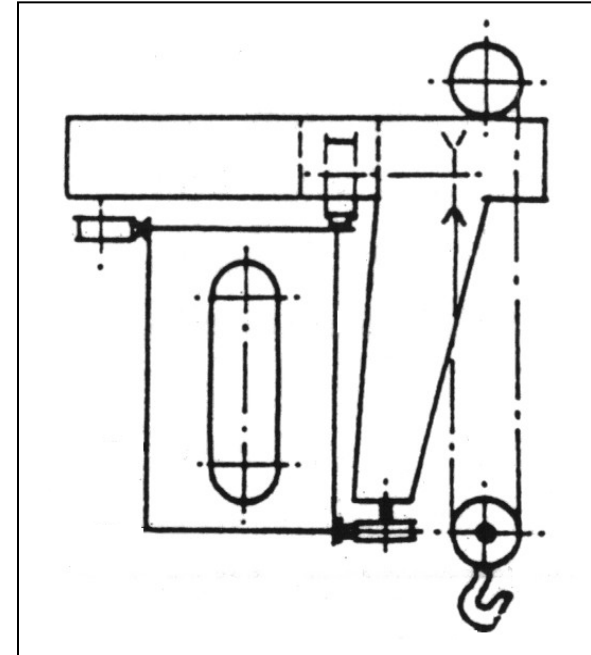
Seitenlauf- und Winkelkatzen (*kippsichere Stützung*)



Zweischienenbauart
Tragschiene schräg gestellt



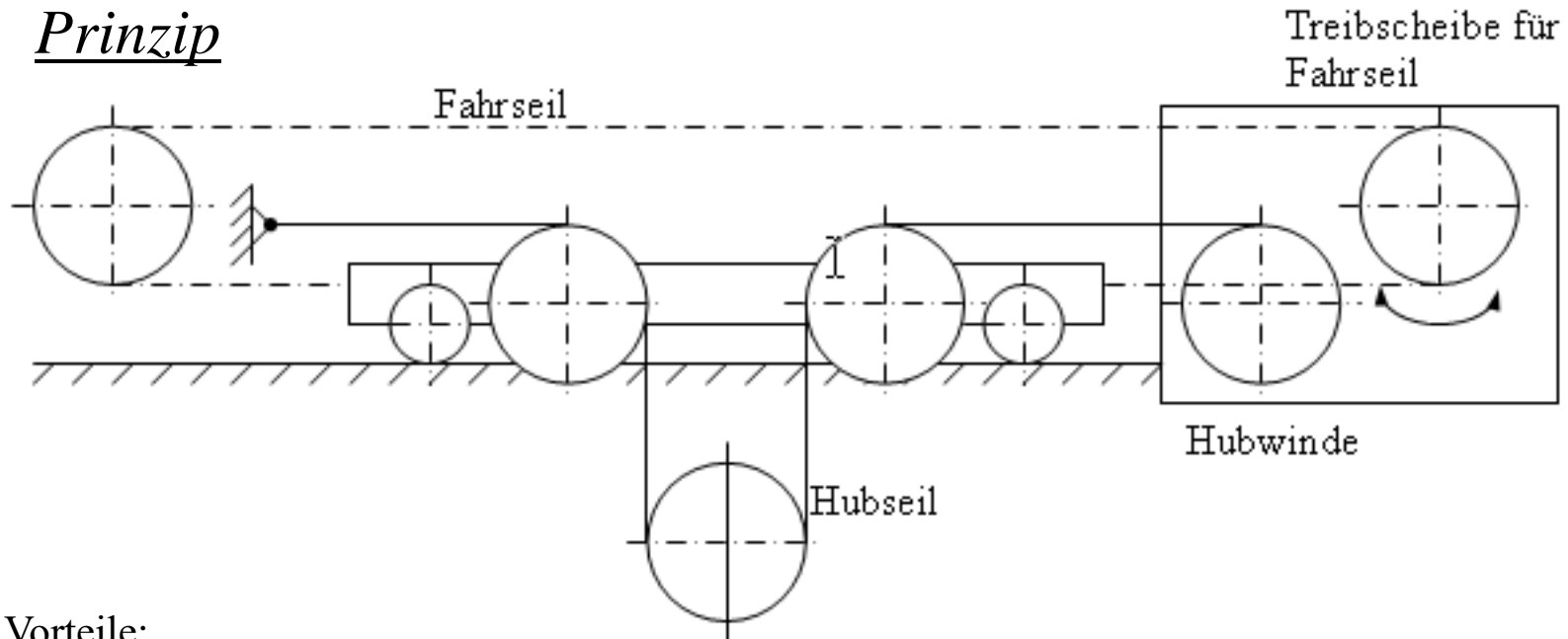
Dreischienenbauart
Schienen diagonal angeordnet



Dreischienenbauart
Zwei horizontal liegende
Gegenschienen

Laufkatzen - Seilzugkatzen

Prinzip



Vorteile:

- Gewichtsverminderung der Laufkatze
- Hubseil durchläuft alle Flaschenzugrollen
 - Geringe Eigenmasse ermöglicht hohe Beschleunigungen
 - Wichtig bei langen Verladebrücken
 - Beschl. unabhängig vom Kraftschluss zwischen Schiene und Laufrad
- Keine Stromzuführung notwendig

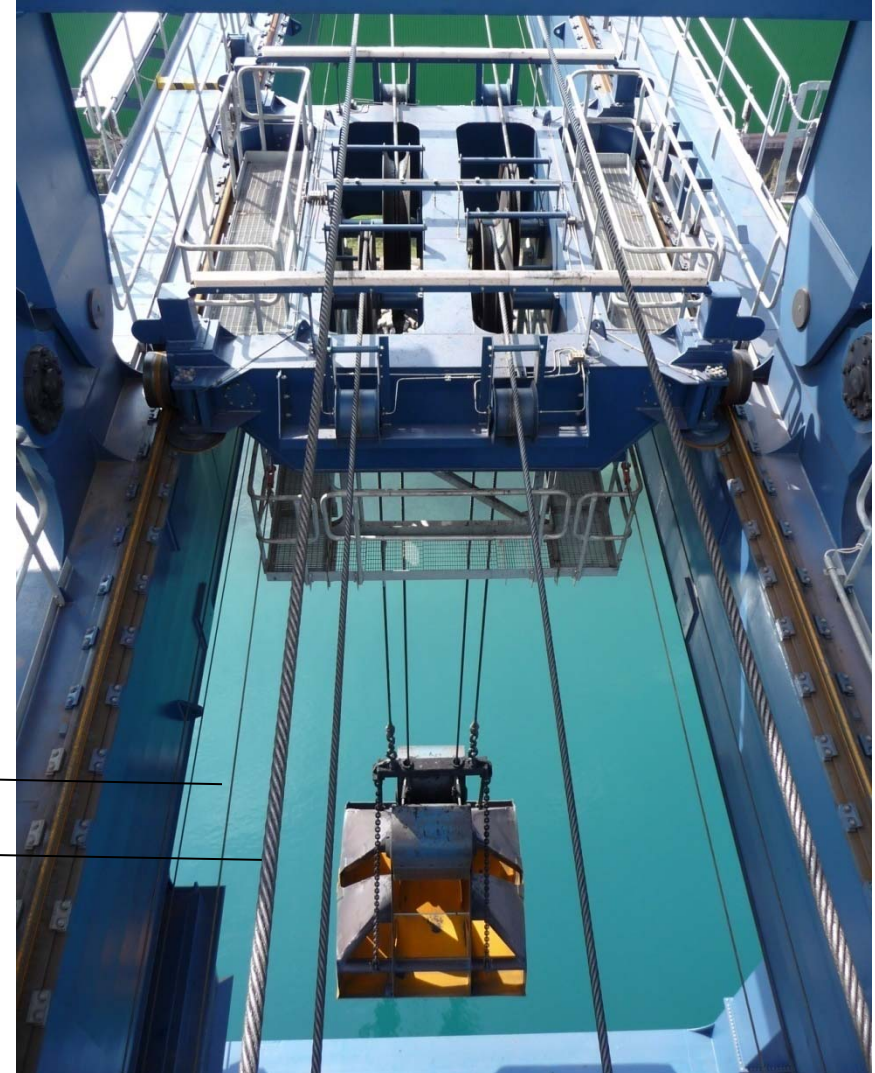
Anwendung

- Verladebrücken (Schiffsentladern) und Baukrane

Laufkatzen - Seilzugkatzen



Schiffsentlader für Schüttgut
(Hafen Koper, Slowenien)



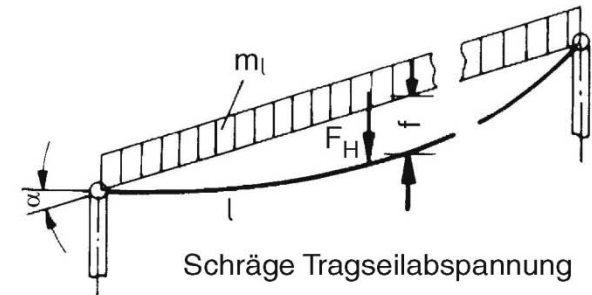
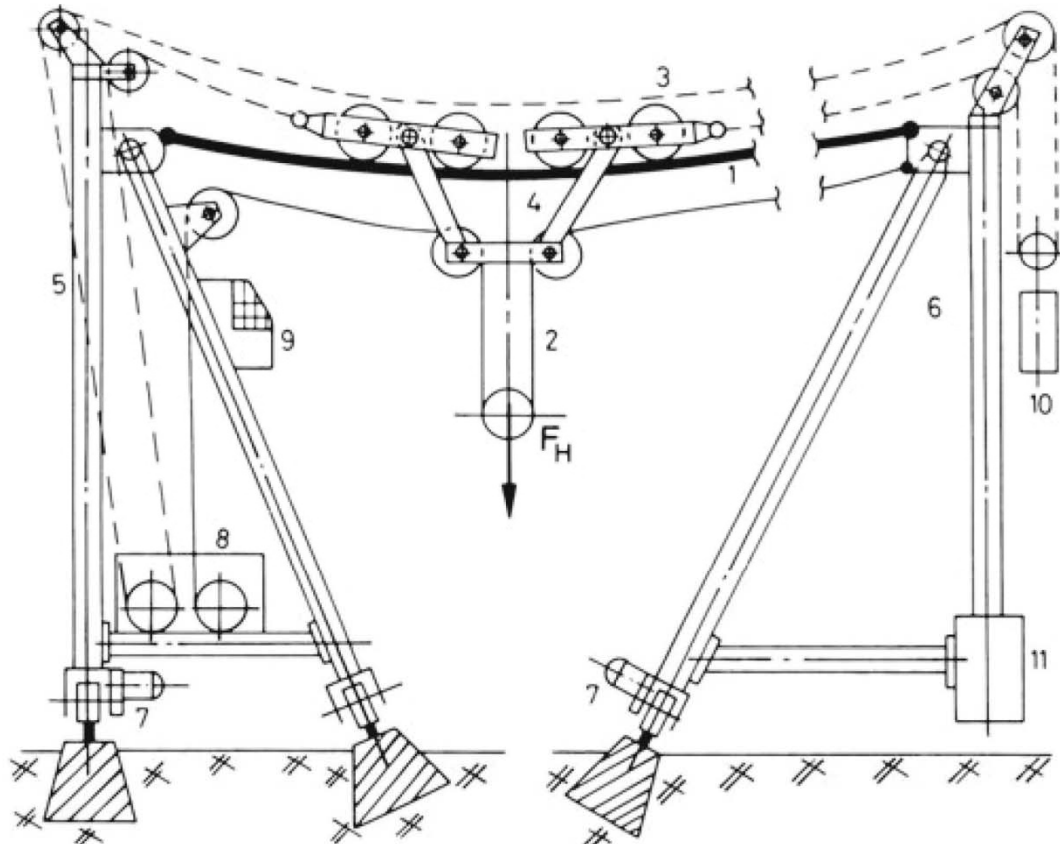
Fahrseil

Hubseil

Schiffsentlader:

[https://www.google.com/search?sa=G&hl=de-AT&tbs=simg:CAESowIJvKFIMTI9e30alwILELCmpwgaYgpgCAMSkkGnRQ3KBYMVghWqDfcdtw2SHqcNoCCwKswiyTm6lsguiyLsOKQgzTkaMPHmvgvlguel6HRUcANgCAeg8kIzj3Lh5uEz26tnYqW2ljxJNhegfm04VG-Bw2t_1iSAEDAsOiq7-CBoKcggIARIEEmOHMUwwLEJ3twQkajwEKHwoMdHJ1c3MgYnJpZGdl2qW19gMLCgkvbS8wM21zOXAKJAoRYm94IGdpcmlRlciBicmlkZ2XapYj2AwsKCS9tLzA1NHY2eQoWCgRwb3J0ZqW19gMKCggbvS8wDFjMOoXCgVyaXZletqilPYDCgoLL20vMDZibnAKFQoDc2Vh2qW19gMKCggbvS8wNm5weAw&q=truss+bridge&tbm=isch&ved=2ahUKewiBxeuk-J3IAhXEMewKHZZ6AswQsw56BAgBEAE&biw=765&bih=722&dpr=1.25#imgrc=s8UchMu2ooHHdM:](https://www.google.com/search?sa=G&hl=de-AT&tbs=simg:CAESowIJvKFIMTI9e30alwILELCmpwgaYgpgCAMSkkGnRQ3KBYMVghWqDfcdtw2SHqcNoCCwKswiyTm6lsguiyLsOKQgzTkaMPHmvgvlguel6HRUcANgCAeg8kIzj3Lh5uEz26tnYqW2ljxJNhegfm04VG-Bw2t_1iSAEDAsOiq7-CBoKcggIARIEEmOHMUwwLEJ3twQkajwEKHwoMdHJ1c3MgYnJpZGdl2qW19gMLCgkvbS8wM21zOXAKJAoRYm94IGdpcmlRlciBicmlkZ2XapYj2AwsKCS9tLzA1NHY2eQoWCgRwb3J0ZqW19gMKCggbvS8wDFjMOoXCgVyaXZletqilPYDCgoLL20vMDZibnAKFQoDc2Vh2qW19gMKCggbvS8wNm5weAw&q=truss+bridge&tbm=isch&ved=2ahUKewiBxeuk-J3IAhXEMewKHZZ6AswQsw56BAgBEAE&biw=765&bih=722&dpr=1.25#imgrc=s8UchMu2ooHHdM;)

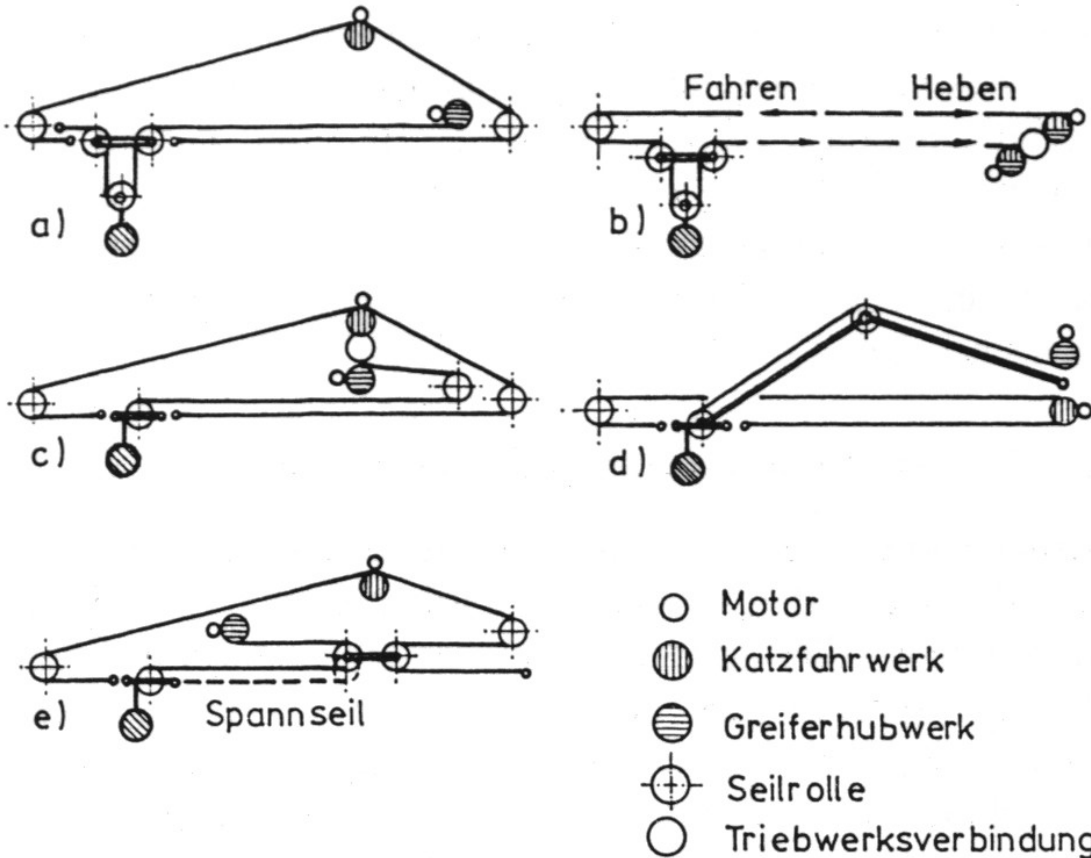
Laufkatzen - Seilzugkatzen



- 1 Tragseil
- 2 Hubseil
- 3 Fahrseil
- 4 Seilzuglaufkatze
- 5 Maschinenturm
- 6 Pendelturm
- 7 Turmfahrwerk
- 8 Hub- und Fahrwinde
- 9 Führerkabine
- 10 Fahrseilspannlast
- 11 Gegenlast am Pendelturm

Laufkatzen - Seilzugkatzen

Antriebsformen



- a) Unabhängiges Seilzug-Katzfahrwerk mit durchlaufenden Hubseil
- b) Um- und durchlaufendes Seil, dessen gleichsinnige Bewegung Heben bzw. Senken und dessen gegenläufige Bewegung Katzfahren bewirkt
- c) Unabhängige Hub- und Katzfahrseile mit mechanischer oder elektrischer Verbindung der Triebwerke
- d) Unabhängiges Seilzug-Katzfahrwerk mit Lenkerführung des Hubseils
- e) Unabhängiges Seilzug-Katzfahrwerk mit Führung des Hubseils über Zwischenwagen

Übersicht Kranbauformen

Kranbauformen unterscheiden sich nach ihrem strukturellen Aufbau und ihren Anwendungsgebieten in:

- **Brückenkrane**
 - laufen auf hochgelegenen Kranschielen
 - überstreichen rechteckige Flächen
 - Anwendung:
 - in Werks- und Lagerhallen
 - in Hüttenwerken
 - auf Lagerplätzen

- **Portalkrane**
 - sind ein- oder beidseitig auf Stützen gestellt und verfahrbar
 - überstreichen rechteckige Flächen
 - Anwendung:
 - auf Güterbahnhöfen
 - auf Werften
 - auf Fluss- und Seehäfen

- **Drehkrane**
 - auf verfahrenen oder feststehenden Portalen
 - überstreichen voll- oder auch teil-kreisförmige Flächen um das Portal
 - feste Ausleger oder Wippausleger
 - Anwendung:
 - auf Fluss- und Seehäfen
 - als Schwimmkrane