



RES
E
TE
E
K

TECHNISCHE DATEN



ALLGEMEINE EMPFEHLUNGEN ZUR BESTIMMUNG DES KETTENTYPS

Für einen empfehlenswerten Einsatz der richtigen Transportkette möchten wir folgende Hinweise geben:

- 1) TYP DER TRANSPORTANLAGE
- 2) GESAMTGEWICHT DES FÖRDERGUTES
- 3) KETTENGESCHWINDIGKEIT
- 4) KETTENTEILUNG
- 5) BEFESTIGUNGSGLIEDER
- 6) BETRIEBSRAUM
- 7) SCHMIERUNG
- 8) BRUCHKRAFT DER KETTE

1) TYP DER TRANSPORTANLAGE

Die Transportanlagen werden in zwei Hauptkategorien eingeteilt:

- a) mit Gleitketten
- b) mit Rollenketten

Weiter ist zu unterscheiden zwischen folgenden Anordnungen:

- a) horizontal
- b) schräg
- c) vertikal
- d) kombiniert.

2) GESAMTGEWICHT DES FÖRDERGUTES

Es handelt sich um das Gewicht des Fördergutes, das auf den Transportketten und eventuellen Trägern (Latten – Schalen – Querträgern – Scharnieren usw.) lastet.

Auch die Verteilung der Last (Punktbelastung) auf der Transportkette muss berücksichtigt werden, da sich die Resultate aus der Berechnung einer konzentrierten Last auf einer reduzierten Auflagefläche von einer gleichmässig verteilten Last unterscheiden.

3) KETTENGESCHWINDIGKEIT

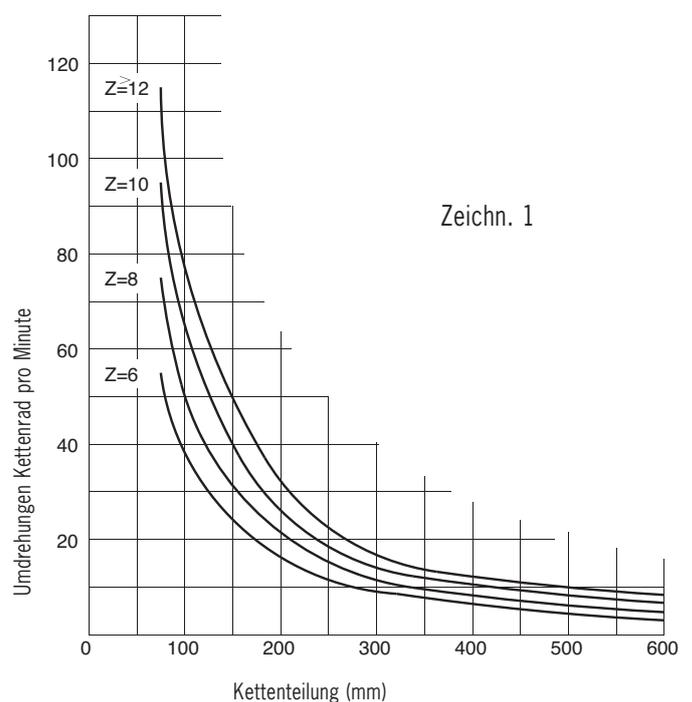
Die Kettengeschwindigkeit ist der von der Kette durchlaufene Weg in einer Zeiteinheit, ist an das Kettengewicht in Abhängigkeit zu den Durchmessern der Antriebs- und Umlenkräder gebunden und ist für die Bestimmung der Belastbarkeit der Transportanlage bedeutend. Die folgende graphische Darstellung erläutert diese Beziehungen.

$$V = \frac{P \cdot Z \cdot n}{1000} \quad [\text{m/min}]$$

Z = Zähnezahl

P = Kettenteilung (mm)

n = Umdrehungen Kettenrad (pro Minute)

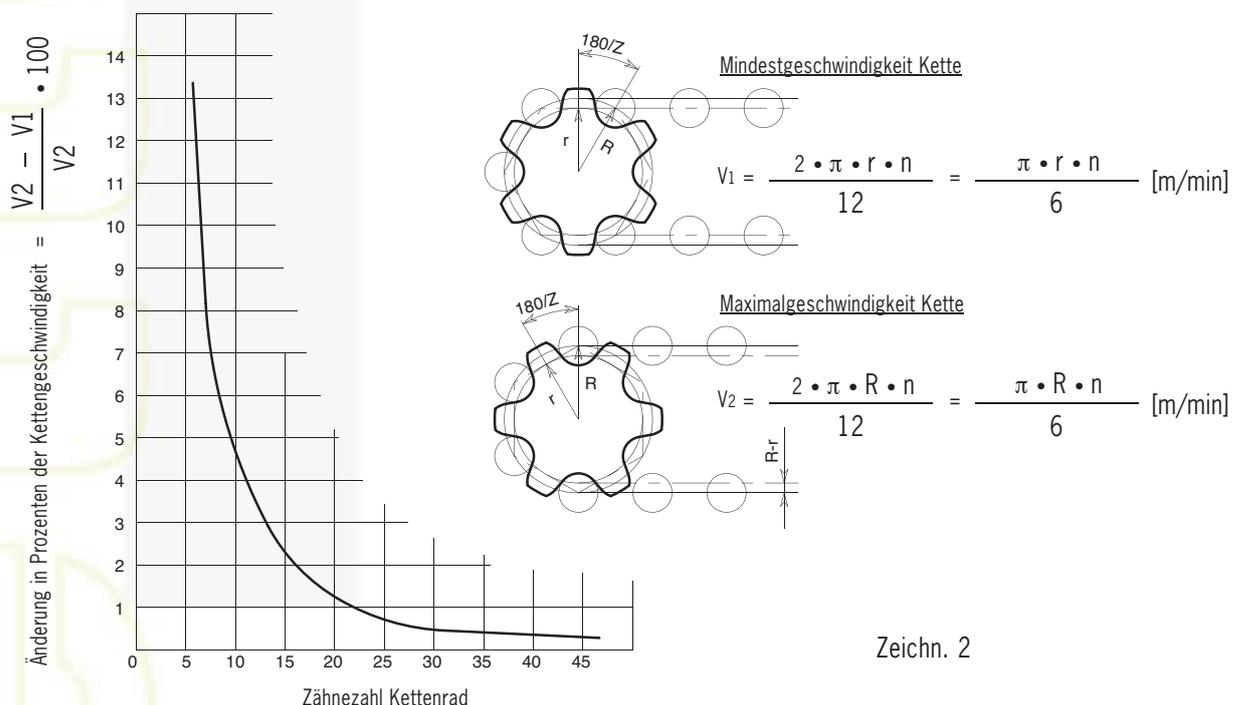


Bei Transportketten beträgt die zugelassene Höchstgeschwindigkeit 60 m/Min ca., wobei die Optimalwerte zwischen 0 und 30 m/Min liegen. Die Kettengeschwindigkeit spielt beim Phänomen, das man allgemein **'Pendeln'** oder **'Känguruverhalten'** der Ketten nennt eine bedeutende Rolle. Dieses Phänomen hebt sich durch eine unregelmäßige Kettenbewegung hervor, die aus einer Reihe von Ruckbewegungen und dazwischenliegenden Bremsvorgängen besteht. Die Ursachen dieses Problems, das in einigen Fällen sogar die Funktionstüchtigkeit der Transportanlage beeinträchtigen kann, sind zahlreich und miteinander verbunden. Sicher zeigt sich zusammen mit dem Pendelverhalten auch ein Polygonaleffekt aufgrund eines Aufwickelns der Kette auf den Steuer- und Rücklaufrollern (siehe hierzu Abbildung 2), die zeitbedingte Beschleunigungen und Bremsvorgänge der Kette hervorrufen. Ein anderer bedeutender Faktor ist die Veränderung des Reibungskoeffizienten der Kette je nach Bewegungsgeschwindigkeit der Kette. Unabhängig davon ob die Kette auf den Führungen gleitet oder durch das Abrollen der Rollen bewegt wird, kann sich bei niedrigen Geschwindigkeiten der sogenannten Stick-Slip-Effekt zeigen (ein Ankleben und Rutschen). Mit anderen Worten kommt es vor, daß sich bei Näheren einer, für eine bestimmte Anlage kritische Geschwindigkeit der Reibeffekt (zwischen den Laschen und Führungen bzw. zwischen der Rolle und Buchse) an der Grenze zwischen dem hydrodynamischen Reibeffekt und Trockenreibeffect (sehr viel größer) befindet und abwechselnd von einem Zustand auf den anderen übergeht. Die Wirkung, die dadurch entsteht ist ein Ankleben, abgewechselt durch ein Rutschen, mit direkten Auswirkungen auf eine unregelmäßige Bewegung der Kette. Ein weitere Faktor, der beachtet werden muss ist der Faktor der elastischen Eigenschaften des 'Kettensystems'.

Es ist wichtig dabei zu berücksichtigen, daß sich die Betriebsbedingungen, bei welchen dieser unerwünschte Effekt entsteht, unter folgenden befinden kann:

- Länge der Transportanlage größer als 80-100 [m]
- Anzahl der Zahnräder geringer als $Nu Z=18-20$
- reduzierte Transportanlagengeschwindigkeiten: bei einer Geschwindigkeit zwischen 1.5 und 3 [m/Min] ist ein 'Kängurueffekt' möglich, während er bei Geschwindigkeiten von weniger als 1.5[m/min] sehr wahrscheinlich ist
- Kettenabstand größer als 200[mm]
- nicht geeignete Schmierung: mit nicht geeigneten Produkten, an nicht geeigneten Stellen oder in zu großen Mengen.

Die nachstehende Abbildung zeigt die Geschwindigkeitsamplitude in Prozenten ausgedrückt.



n = Umdrehungen Kettenrad (pro Minute)

Z = Zähnezahl Kettenrad

R = Teilkreisdurchmesser Kettenrad

$$r = R \cdot \cos \frac{180^\circ}{Z} \text{ [m]}$$

Rr = Variationsbreite der Polygonwirkung

Allgemein hat das Phänomen der Ungleichförmigkeit bei prozentualen Variationswerten um 1 keinen Einfluss.

4) KETTENTEILUNG

Darunter versteht man das Mass von Bolzenmitte bis Bolzenmitte, das in Zoll oder Millimetern angegeben wird.

Sie hängt von folgenden Eigenschaften der Transportanlage ab:

- Kettengeschwindigkeit
- Durchmesser der Antriebs- und Umlenkräder
- Verteilung der Last auf der Transportanlage
- Ausmaße der eventuellen Trägervorrichtungen (Latten – Schalen – Querträgern – Scharnieren usw.)

5) BEFESTIGUNGSGLIEDER

Befestigungsglieder sind in der Regel gestanzte Anbauteile, die entweder an die Innen- oder Aussenlaschen angeschweißt sind oder mit diesen aus einem Stanzteil bestehen. Die vorhandenen Werkzeuge sind an Teilung und andere Abmessungen gebunden.

Sie sind aufgrund der Erfahrung für die zu fördernden Güter gefertigt bzw. konstruiert.

6) BETRIEBSRAUM

Es handelt sich um die eine Transportanlage umgebenden Räume und sonstige Bedingungen mit allen Eigenschaften, die auch auf den Kettentrieb einwirken können. Unter anderem wären zu nennen:

- Sauberkeitsgrad
- Raumtemperatur
- Vorhandensein scheuernder Substanzen
- Feuchtigkeit / atmosphärische Einwirkungen
- angreifende chemische Substanzen
- usw.

Alle diese Faktoren bestimmen die Auslegung der Kette, die Qualität der Werkstoffe, die Spielräume, die Bearbeitungszugabe, die galvanische Behandlung, den Sicherheitsfaktor. Nachstehend finden Sie eine Tabelle mit den auf die Temperatureinwirkung beschränkten Korrekturfaktoren der Betriebslasten der Ketten.

TABELLE 1

TEMPERATUR	KORREKTE BETRIEBSLAST
-40° C ~ -20° C	(maximal zulässige Betriebslast) x 0,25
-20° C ~ -10° C	(maximal zulässige Betriebslast) x 0,3
-10° C ~ 160° C	(maximal zulässige Betriebslast) x 1
160° C ~ 200° C	(maximal zulässige Betriebslast) x 0,75
200° C ~ 300° C	(maximal zulässige Betriebslast) x 0,5

Für alle anderen Raumbedingungen bitten wir Sie, sich an unser technisches Büro zu wenden.

7) SCHMIERUNG

Sie beeinflusst die Bestimmung der Reibung, die für die Berechnung der Zugkraft berücksichtigt werden muss und begünstigt die Widerstandsfähigkeit gegenüber Verschleiß, Korrosion und Oxydation aller Kettenteile. Für die Qualität und Anwendungsweise der Mittel verweisen wir Sie auf Seite 1.7.1., wo das Thema ausführlich behandelt wird.

8) BRUCHKRAFT

In Newton [N] ausgedrückt handelt es sich um den Wert der Last bei Kettenriss.

Die im Katalog aufgeführten Daten beziehen sich auf, bei einer Raumtemperatur von 20°C durchgeführte Versuche.

Jede Bruchlast muss als durchschnittlicher Wert betrachtet werden, den man aufgrund einer Reihe von Versuchen erhält.

Die möglichen Variationen der Bruchlast im Vergleich zum Durchschnittswert liegen innerhalb von einem Toleranzbereich von +/- 5 %

WAHL DES KETTENTYPS IN ABHÄNGIGKEIT ZUR ZUGKRAFT

Die Zugkraft ist die Kraft, die notwendig ist, um die Ketten, die mit ihr verbundenen mechanischen Teile und das Fördergut zu bewegen. Zu ihrer Bestimmung nach den weiter unten dargestellten Formeln wirken folgende Faktoren mit:

- 1) GEWICHT DES FÖRDERGUTES
- 2) GEWICHT DER KETTEN UND EVENTUELLER TRÄGERVORRICHTUNGEN (LEISTEN – SCHALEN – QUERBALKEN – SCHARNIERE – USW.)
- 3) REIBUNGSZAHL
- 4) BETRIEBFAKTOR IN ABHÄNGIGKEIT ZUR LAST UND DER BETRIEBSDAUER
- 5) WÄLZREIBUNGSFAKTOR

Die Berechnung der Zugkraft erfolgt in zwei Phasen:

- in einer Vorphase bestimmt man den anzuwendenden Kettentyp und erhält so annäherungsweise das Kettengewicht und die Reibungszahl
- in der Nachrechnung setzt man für das angenommene Kettengewicht und die Reibungszahl die sicheren Werte der ermittelten Kette ein.

1) GEWICHT DES FÖRDERGUTES = P1 (KG)

Siehe Paragraph 2 des Kapitels "Allgemeine Erwägungen zur Bestimmung des Kettentyps".

2) GEWICHT DER KETTEN UND EVENTUELLER TRÄGER = P (KG)

Es handelt sich hier um das annähernde Gesamtgewicht des gesamten Kettenumlaufstranges und eventueller Träger (Leisten – Schalen – Querträger – Scharniere usw.) der Vorberechnung; es ist das endgültige Gewicht der Nachberechnung.

3) REIBUNGSZAHL

Sie ist der Wert, der die notwendige Kraft zur Überwindung des Widerstandes der Bewegung zweier miteinander in Kontakt stehenden Körper gegenüber definiert. Wenn die Ketten auf den Laufstrassen "gleiten", handelt es sich um Gleitreibung "fr".

Die Werte der Gleitreibungszahlen sind in der folgenden Tabelle zusammengefasst:

TABELLE 2

WERKSTOFFPAARUNG	Fr trockene	Fr geschmierte Oberfläche
Stahlketten auf Führungen aus hartem Holz	0,44	0,29
Stahlketten auf Stahlführungen	0,30	0,20
Stahlketten auf rauen oder angerosteten Führungen	0,35	0,25
Stahlketten auf Führungen aus Polyäthylen hoher Dichte und sehr hohem Molekulargewicht	0,18	0,05

Wenn die Ketten auf ihren eigenen Rollen auf den Laufbahnen laufen, handelt es sich um kombinierte – und Rollreibung "fv". Der Wert des Wälzkoeffizienten beträgt in der Vorberechnung $f_v = 0,2$; für die Nachberechnung gilt:

$$f_v = C \cdot \frac{d}{D} + \frac{b}{D}$$

wobei:

d = Außendurchmesser der Buchse [mm] (D5 der Katalogtabellen)

D = Außendurchmesser der Rolle [mm] (D1, D2 oder D3 der Katalogtabellen)

b = Versuchscoeffizient zur Bestimmung des Reibeffektes, der von der Art des in Berührung kommenden Materials und der Bearbeitung der entsprechenden Oberflächen abhängt.

= 1 für Stahlrolle auf Stahlführungen mit glatter Oberfläche

= 2 für Stahlrolle auf Stahlführungen mit rauer Oberfläche

C = Gleitreibungszahl zwischen Buchse und Rolle nach den, in folgender Tabelle aufgeführten Werten:



TABELLE 3

WERKSTOFFPAARUNG	"C" trockene	"C" geschmierte Oberfläche
Stahlrolle auf Stahlbuchse	0,25	0,15
Rolle mit Bronzebuchse auf Stahlbuchse	==	0,13
Nylonrolle auf Stahlbuchse	0,15	0,10

WICHTIG

Zu Beginn der Bewegung kann die Reibungszahl einen 1,5 bis 3 mal größeren Wert (Übergang von haftender zur rollenden Reibung) als den der dynamischen Reibungszahl aufweisen. Für ein korrektes Wälzen der Rolle ist es angebracht, den Außendurchmesser um wenigstens 2,5 mal größer als den der Buchse zu halten.

4) BETRIEBSFAKTOR = FS

Er ist ein Korrekturkoeffizient der Zugkraft, der von den Betriebsbedingungen und -Eigenschaften der Transportanlage abhängt. Die folgende Tabelle gibt die Fs- Werte für die üblichsten Anwendungen wieder:

TABELLE 4

BETRIEBSBEDINGUNGEN	Fs
Positionierung der Last	
- zentriert	1
- dezentriert	1,2
Lasteigenschaften	
- normal Überbelastung unterhalb 5%	1
- mit leichten Schwankungen: Überbelastung zwischen 5-20%	1,2
- mit starken Schwankungen: Überlastung zwischen 20-40%	1,5
Anlauf – Stillstand – Frequenz bei Belastung	
- unter 5 täglich	1
- von 5 täglich bis 2 stündlich	1,2
- mehr als 2 stündlich	1,5
Betriebsraum	
- relativ sauber	1
- leicht staubig oder schmutzig	1,2
- feucht, sehr schmutzig oder korrosiv	1,3
Tägliche Betriebsdauer (Stunden)	
- bis zu 10	1
- über 10	1,2

Den FS- Wert für Berechnung der Zugkraft erhält man durch die Multiplikation der den einzelnen Betriebsbedingungen entsprechenden Teilwerte (Fs) untereinander.

5) WÄLZREIBUNGSFAKTOR = FA

Der Wälzreibungsfaktor ist ein Korrekturkoeffizient der Zugkraft, der die Reibungszahl erhöht, die von der Abwälzung der Kette auf die Antriebs- und Umlenkräder verursacht wird.

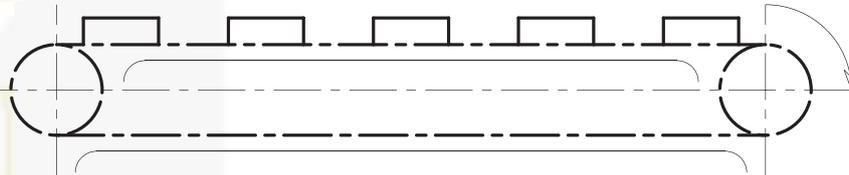
FA = 1,05 für auf Bronzelager montierte Rollen
= 1,03 für auf Wälzlager montierte Rollen

Die neue Gesamtzugkraft wird durch die Summe aller Wälzreibungsfaktoren bestimmt, in dem man die auf jedem Abwälzpunkt aufgenommene Zugkraft mit dem Wälzreibungsfaktor multipliziert.

Es ist nicht sinnvoll, den FA-Faktor in den folgenden Berechnungsformeln zu beachten, weil sein Vorkommen auf elementaren Transportanlagen, wie jedes der folgenden Beispiele zeigt, belanglos ist.

BERECHNUNGFORMELN FÜR DIE ZUGKRAFT TRANSPORTANLAGEN MIT TRAGFÖRDERKETTEN

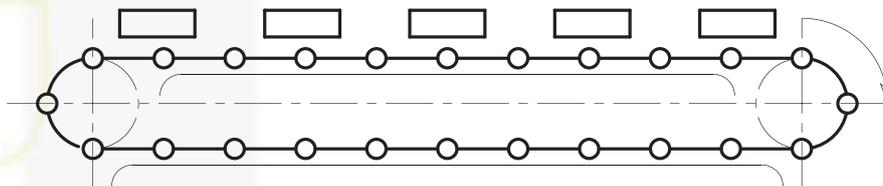
a) Horizontaler Transport mit Gleitketten



Zeichn. 3

$$T = 9,81 \frac{(P+P1) \cdot fr \cdot FS}{\text{Kettenzahl}} \text{ [N]}$$

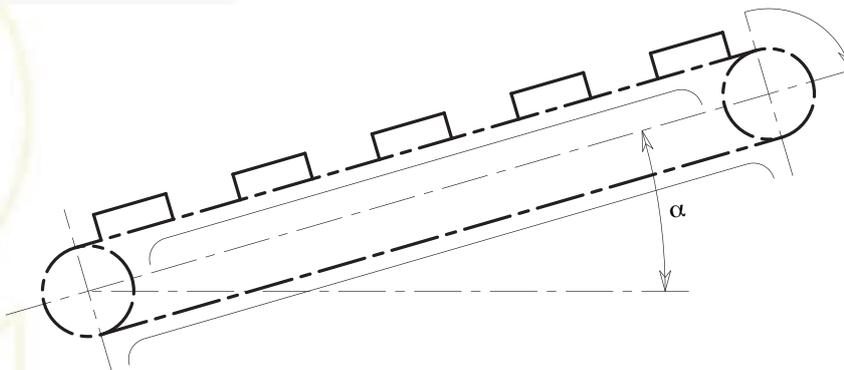
b) Horizontaler Transport mit Rollenketten



Zeichn. 4

$$T = 9,81 \frac{(P+P1) \cdot fv \cdot FS}{\text{Kettenzahl}} \text{ [N]}$$

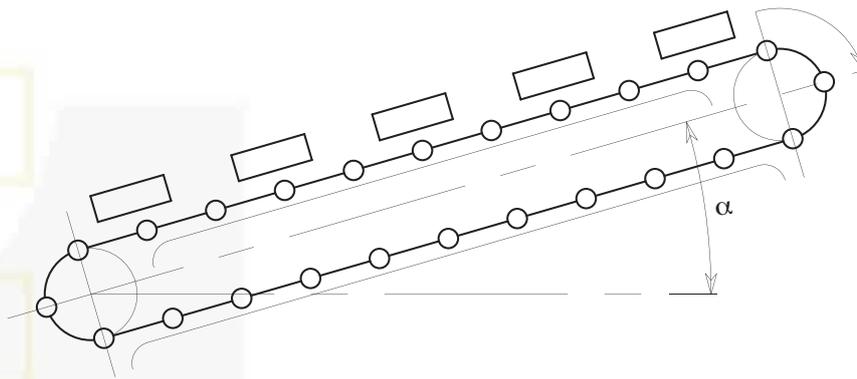
c) Schräger Transport mit Gleitketten



Zeichn. 5

$$T = 9,81 \frac{[\cos\alpha (P+P1) \cdot fr + \sin\alpha \cdot P1] \cdot FS}{\text{Kettenzahl}} \text{ [N]}$$

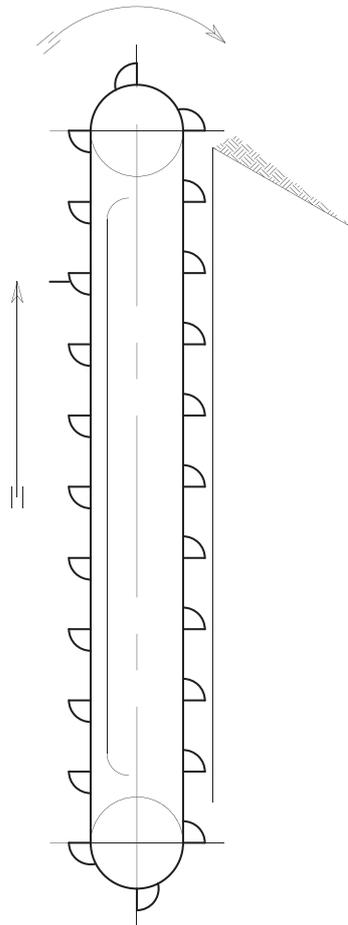
d) Schräger Transport mit Rollenketten



Zeichn. 6

$$T = 9,81 \frac{[\cos\alpha (P+P1) \cdot fv + \sin\alpha \cdot P1] \cdot FS}{\text{Kettenzahl}} \text{ [N]}$$

e) Vertikaler Transport



Zeichn. 7

$$T = 9,81 \frac{(P/2+P) \cdot FS}{\text{Kettenzahl}} \text{ [N]}$$

N.B.:

Unser technisches Büro steht für Lösungsvorschläge und Berechnungen von Vertikaltransporten, die von obiger Zeichnung abweichen zu Ihrer Verfügung.

KRATZFÖRDERANLAGEN

Für die Berechnung der Zugkraft auf die Ketten der Kratzförderer merken wir neben den schon bekannten Symbolen auch die folgenden an:

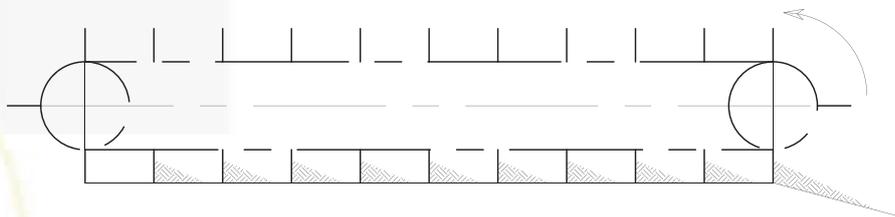
f_m	=	Reibungszahl Fördergut – Förderrinne – Tabelle 5
L	=	beladene Strecke der Förderanlage (m)
Q	=	Quantität des Fördergutes (T/h)
H	=	Förderrinnenhöhe (m)
B	=	Förderrinnenbreite (m)
β	=	Füllgrad der Förderrinne: (0,5 – 0,6)
γ	=	Spezifisches Gewicht des Fördergutes (T/m ³) – Tabelle 5
V	=	Kettengeschwindigkeit (m/sec)

TABELLE 5

FÖRDERGUT	Spez. Gewicht γ [T/m ³]	Reibungszahl f_m
Hafer	0,45	0,7
Weizen	0,75	0,4
Mais	0,8	0,4
getrocknete Gerste	0,45	0,7
Roggen	0,65	0,4
Reis	0,75	0,4
Leinsamen	0,7	0,4
Darmmalz	0,4	0,4
Weizenmehl	0,7	0,4
Maismehl	0,65	0,4
Raffinierter Puderzucker	0,8	0,5
Zement	1,00	0,9
Anthrazitkohle in Stücken	0,7÷0,9	0,4
Koks	0,5	0,7
trockene Tonerde	1,6	0,7
Asche	0,6	0,6
KLINKER- Zementschotter	1,3	0,8

** Richtwerte

a) Horizontaler Transport mit Gleitketten



Zeichn. 8

$$T = 9,81 \frac{[(P \cdot f_r + P_1 \cdot f_m) \cdot FS]}{\text{Kettenzahl}} \text{ [N]}$$

wobei P_1 wie folgt berechnet werden kann:

a) $P_1 = H \cdot B \cdot L \cdot \beta \cdot \gamma \cdot 1000 \text{ [kg]}$

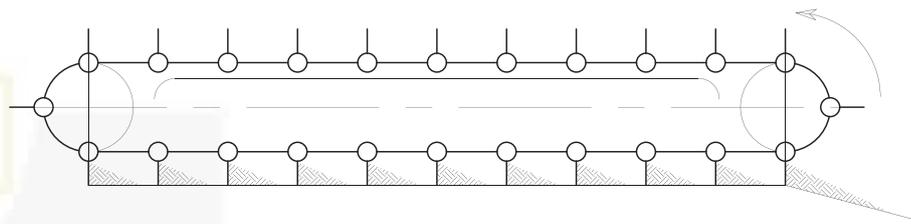
oder

b) $P_1 = \frac{L \cdot Q}{3,6 \cdot v} \text{ [kg]}$

falls Q nicht bekannt ist, kann er wie folgt errechnet werden: $Q = H \cdot B \cdot \beta \cdot \gamma \cdot v \cdot 3600 \text{ [T/h]}$



b) Horizontaler Transport mit Rollenketten und Gleitlatten



Zeichn. 9

$$T = 9,81 \frac{[(P \cdot fr + P1 \cdot fm) \cdot FS]}{\text{Kettenzahl}} \quad [\text{N}]$$

wobei P1 wie folgt berechnet werden kann:

$$\text{a) } P1 = H \cdot B \cdot L \cdot \beta \cdot \gamma \cdot 1000 \quad [\text{kg}]$$

oder

$$\text{b) } P1 = \frac{L \cdot Q}{3,6 \cdot v} \quad [\text{kg}]$$

falls Q nicht bekannt ist, kann er wie folgt errechnet werden: $Q = H \cdot B \cdot \beta \cdot \gamma \cdot v \cdot 3600$ [T/h]

BESTIMMUNG DES ANZUWENDENDEN KETTENTYPS

Nach der Bestimmung der maximalen Zugkraft sollte die Dimensionierung der Kette der zulässigen Beanspruchung für die Werkstoffe folgen. Grundsätzlich sind die Werkstoffe bereits bei einem Arbeitslastwert von 2/3 der Kettenbruchkraft über die Grenze der "Permanentdeformation" hinaus beansprucht (0,2% Dehnung).

Die Kettenbruchkraft soll deshalb mindestens 8mal die Maximalzugkraft betragen und wir empfehlen dieses Verhältnis als Sicherheitskoeffizienten. Besonders schwierige Betriebsbedingungen mit schwer quantifizierbaren Zugkraftschwankungen erfordern angemessene Sicherheitskoeffizienten, für deren Bestimmung Ihnen unser technisches Büro zur Verfügung steht.

Nach der Bestimmung des anzuwendenden Kettentyps empfehlen wir besonders im Fall des Förderers von, auf beschränkter Auflagefläche der Transportanlage konzentrierter Last, auch die spezifischen Pressungswerte zwischen Rollen – Buchsen und Buchsen – Bolzen zu überprüfen.

Die Berechnung der Zugkraft unter diesen besonderen Beladungsbedingungen reicht nicht immer aus, um den zu verwendenden Kettentyp zu bestimmen. In der Tat, falls die festgestellten spezifischen Pressungswerte die weiter unten angegebenen (Tabelle 6-7) zulässigen Grenzwerte übersteigen sollten, ist es notwendig, sich für eine Kette mit größeren Kontaktflächen zwischen Rollen - Buchsen und Buchsen – Bolzen zu entscheiden, um so eine kleinere Belastung pro Flächeneinheit zu erhalten.

Errechnung der spezifischen Flächenpressung:

$$\text{a) spezifische Pressung auf der Rolle} = \frac{P}{L \cdot Dr} \left[\frac{\text{kgf}}{\text{mm}^2} \right]$$

$$\text{b) spezifische Pressung auf dem Bolzen} = \frac{T}{Lb \cdot Dp} \left[\frac{\text{kgf}}{\text{mm}^2} \right]$$

wobei:

P = Last (kg) auf jeder Rolle

T = effektive Zugbelastung der Kette (Kg)

L = Länge der Rollenbohrung (mm)

Lb = Gesamtlänge der Buchse (mm)

Dr = Durchmesser der Rollenbohrung (mm)

Dp = Außendurchmesser Bolzen (mm)

ZULÄSSIGE HÖCHSTWERTE DER SPEZIFISCHEN PRESSUNG

TABELLE 6

WERKSTOFFPAARUNG		Max. spez. Pressung Kgf/mm ²
BUCHSE	BOLZEN	
Einsatzstahl	Einsatzstahl	2,5
Einsatzstahl	Vergütungsstahl	2,1
Gusseisen	Einsatzstahl	1,75
Rostfreier Stahl INOX	INOX	1,2
Bronze	Einsatzstahl	1

TABELLE 7

WERKSTOFFPAARUNG		Max. spez. Pressung Kgf/mm ²
ROLLE	BUCHSE	
Einsatzstahl	Einsatzstahl	1
Vergütungsstahl	Einsatzstahl	1
Gusseisen	Einsatzstahl	0,70
Bronze	Einsatzstahl	0,60
Polyäthylen A.D.	Einsatzstahl	0,1
INOX	INOX	0,40
Gusseisen	Bronze	0,28

BERECHNUNG DER VON DER WELLE GEFORDERTEN LEISTUNG

Nach der Ermittlung der GESAMT Zugkraft der Transportanlage, empfehlen wir das folgende Verfahren zur Berechnung der von der Welle erforderten Leistung:

$$M_t = T \cdot \frac{dp}{2} \text{ [kgm]} \quad M_t = 716,2 \cdot \frac{N}{n} \text{ [kgm]}$$

wobei:

- M_t = Drehmoment (Kg m)
- N = Leistung (PS)
- n = Umdrehungen pro Minute des Antriebsrades der Transportanlage
- T = Zugkraft von allen Ketten (Kg)
- dp = Teilkreisdurchmesser des Antriebsrades (m)

Von den zwei Drehmomentverhältnissen können wir entnehmen, dass:

$$T \cdot \frac{dp}{2} = 716,2 \cdot \frac{N}{n}$$

woraus sich ergibt:

$$N = \frac{T \cdot dp \cdot n}{2 \cdot 716,2} \text{ [CV]}$$

oder:

$$N = \frac{T \cdot dp \cdot n}{2 \cdot 973,8} \text{ [KW]}$$

Der theoretische Leistungswert muss in Abhängigkeit zur mechanischen Nutzleistung der Übertragungselemente der Bewegung (Motoren – Untersetzungsgetriebe – Riemen usw) korrigiert werden.

SCHMIERUNG DER KETTEN

Fünf wichtige Gründe erfordern die Schmierung der Ketten:

- 1) REDUZIERUNG DER REIBUNG
- 2) VERSCHLEISSMINDERUNG IM KETTENGelenK
- 3) KORROSIONSSCHUTZ
- 4) FEHLERFREIER KETTENBETRIEB

1) REDUZIERUNG DER REIBUNGSZAHL

Als Reibeffekt kann man allgemein den mechanischen Widerstand bezeichnen, der sich durch die Bewegung zwischen zwei Oberflächen bildet. Man muß hierbei vor allem zwischen einem statischen und dynamischen Reibeffekt unterscheiden.

Der erste Effekt, d.h. der statische Reibeffekt, auch Reibeffekt des ersten Ablösens genannt, stellt den Bewegungswiderstand zwischen zwei Oberflächen aufgrund externer Kräfte dar. Die Erfahrungen zeigen, daß, um die Bewegung eines Gewichtskörpers P der auf einer Fläche aufliegt, zu erhalten, muß die notwendige Kraft F den Wert des statischen Reibungswiderstands R_s des Produktes zwischen P und dem statischen Reibungskoeffizient μ übersteigen.

Die dynamische Reibung stellt den Widerstand zur Beibehaltung der Bewegung dar, die sich zwischen zwei Oberflächen aufgrund externer Kräfte bildet. Die Erfahrungen zeigen, daß der, um die Bewegung beibehalten zu können, zu bekämpfende Widerstand stets niedriger ist als der Widerstand der zur Realisierung notwendig ist, sein muss. Der dynamische Reibungswiderstand R_d ist der Wert durch P und des dynamischen Reibungskoeffizienten f .

$R_s = P \cdot \mu$ Widerstand der statischen Reibung oder des ersten Ablösens

$R_d = P \cdot f$ Widerstand der dynamischen Reibung

In normalen Fällen ist μ zwischen 1,5 und 3 mal größer als f .

Der Wert der Reibungskoeffizienten m und f hängt von der Qualität des Kontaktes, von der Art des Kontaktes gleitend oder rollend) von der Geschwindigkeit zwischen den Oberflächen und des eventuell verwendeten Schmiermittels ab.

Die als Schmiermittel verwendeten Öle und Fette bilden einen molekulartigen Film auf der Oberfläche, der auf den Kontaktflächen anhaftet. Diese sehr dünnen Filme können große Widerstände gegen ein Abtragen, auch im Falle von großen Drucken, aufweisen und dadurch den Reibungskoeffizient erheblich reduzieren. In diesem Fall spricht man von einer ‚fetten‘ Reibung bzw. Grenzreibung.

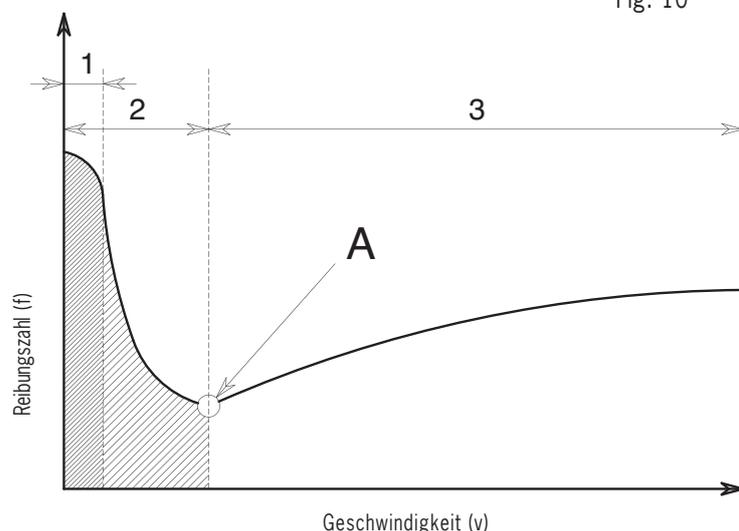
Eine starke Wirkung erhält man durch Schmiermittel, die als richtige hydrodynamische Schmierung (mittelbare Reibung) aufgetragen wird und die aus einem Auftragen eines kontinuierlichen Schmierfilms zwischen den beiden Gleitflächen besteht. Dieser Film wird mit einer Stärke aufgetragen, die zur Vermeidung eines direkten Kontaktes zwischen den beiden Teilen ausreicht. Außer den beiden extremen Bedingungen, d.h. der fetten Reibung oder mittelbaren Reibung, gibt es noch andere kombinierte Bedingungen, bei denen sich die Gleitflächen nur teilweise berühren.

(siehe Abbildung. 10: Stribeck- Grafik)

Abbildung in die Stribeck-Grafik einfügen

Bei Ketten ist es sehr schwierig die Bedingungen für eine hydrodynamische Schmierung vorzugeben, deshalb ist die Reibung entweder ‚fetter‘ Art oder höchstens ‚kombiniert‘.

Fig. 10



2) VERSCHLEISSMINDERUNG IM KETTENGELENK

Die relative Bewegung zwischen Bolzen- Buchse und Buchsen- Rolle ohne Schmierfilm ruft aufgrund des direkten Kontaktes der Oberflächen ein progressives Abschleifen der Rauigkeitsstellen und im folgenden der Oberfläche selber hervor.

Diese Tatsache begünstigt die vorzeitige Abnutzung der Kette und erhöht fühlbar den Reibungswiderstand, den der Antriebsmotor überwinden muss.

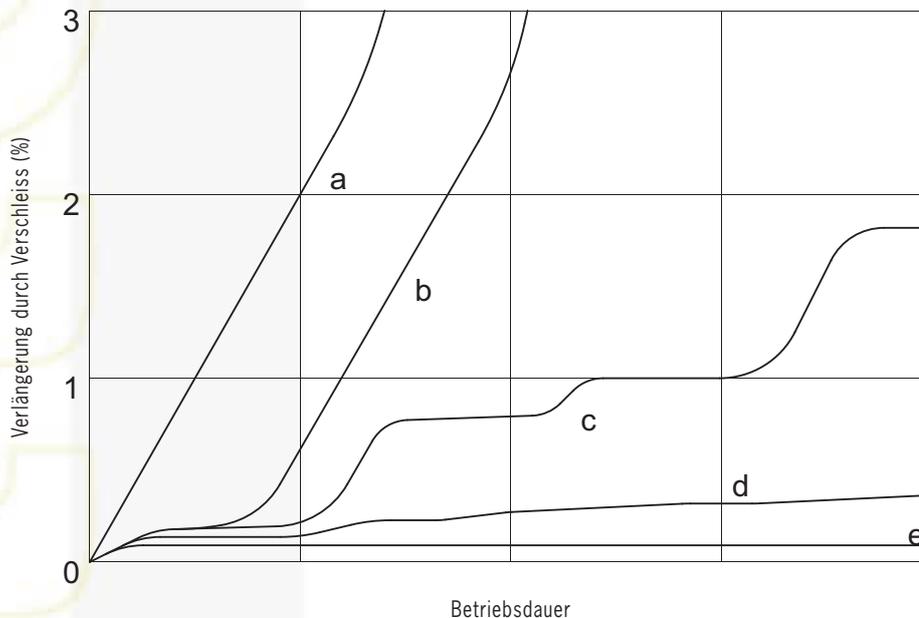
Das Vorhandensein eines geeigneten Schmierfilms vermeidet den direkten Kontakt der Metalloberflächen und verhindert diese Nachteile.

Die Abbildung 11 zeigt qualitativ gesehen die anteilige Verlängerung einer Kette durch Verschleiß, je nach Betriebsdauer und Schmierart.

Die verschiedenen Kurven können wie folgt interpretiert werden:

- stellt eine trockene Betriebsbedingung der Kette dar
- zeigt die Eigenschaften der Verlängerung einer vom Hersteller vorgeschmierten Kette, die anschließend aber trocken verwendet wird
- zeigt ein Beispiel, in welchem die Schmierzyklen zu lang sind und sich wiederholt Trockenbetriebe ergeben
- stellt ungeeignete Schmierbedingungen aufgrund einer zu geringen Menge oder einem nicht geeigneten Schmiermittel dar
- die optimale Schmierung

Die Abbildung 11 (Kurven der Verlängerungen je nach Betriebsdauer einfügen)



Zeichn. 11

3) KORROSIONSSCHUTZ

Jedes nicht geschützte Metall neigt zur Oxydation.

Dieses Phänomen kann durch besondere Betriebsbedingungen verstärkt werden, wie:

- hohe Temperaturen
- erhöhte Feuchtigkeit
- Präsenz von angreifenden chemischen Substanzen.

Die Oxydation stellt eine ernste Bedrohung der Lebensdauer der Kette dar.

Ein Schmierfilm auf der Oberfläche der Kettenelemente, der diese vor der äußeren Umgebung abschirmt, kommt der Oxydbildung und der Korrosionsauslösung zuvor. Die Wirksamkeit dieses Schutzes kann durch den Zusatz von Korrosionshemmern im Schmierstoff verbessert werden.

4) FEHLERFREIER KETTENBETRIEB

Wie alle sich bewegenden mechanischen Elemente MUSS auch die Kette geschmiert werden. Zu den bereits erwähnten Vorteilen muss noch hinzugefügt werden, dass eine korrekte Schmierung störende Betriebsgeräusche verhindert und eine wesentlich erhöhte Lebensdauer der Kette gewährleistet.

WAHL DES SCHMIERSTOFFS

Das Ziel, jedes Schmierproblem mit einem einzigen Mittel lösen zu können, ist noch nicht erreicht worden. Die Parameter zur Bestimmung des Schmierstoffs sind vielfältig; der bedeutendste ist auf jeden Fall die Betriebstemperatur der Kette, in deren Abhängigkeit wir eine schematische Einteilung in vier Stufen vornehmen:

- a) niedrige Temperatur de - 40°C a 15°C
- b) Normaltemperatur de 15°C a 110°C
- c) hohe Temperatur de 110°C a 250°C
- d) sehr hohe Temperaturen más de 250°C

A) NIEDRIGE TEMPERATUR (VON -40°C BIS 15°C)

Die Verwendung eines Schmiermittels, normalerweise synthetischer Art, mit einer sehr geringen Viskosität wird notwendig. Falls ein unvermeidbares Tröpfeln der flüssigen Produkte nicht tolerierbar ist, sind Fette oder Dispersionsöle, letztere mit entsprechenden Lösemitteln zubereitet, zu verwenden. Für diese Verwendungszwecke sind folgende Materialien geeignet: Öl oder KLÜBERSYNTH UH14-68N und Fett ISOFLEX NBU 15 (KLÜBER LUBRICATION).

B) NORMALTEMPERATUR (BIS ZU 110° C MIT SPITZENWERTEN BIS ZU 150° C)

Sie stellt die Verbreitetste und am leichtesten lösbare Betriebsbedingung dar. Wir raten auf jeden Fall vom Gebrauch von Mineralen ab, während wir ein, mit geeigneten Wirkstoffen zur Vermeidung des Tropfens und zur Verbesserung der Kapillarwirkung versehenes Kettenspezialmittel empfehlen. Ein Produkt, das diesen Anforderungen entspricht, ist das Flüssigfett STRUCTOVIS FHD (KLÜBER LUBRICATION). Die Besondere Eigenschaften dieses Produkts sind das erhöhte Haftvermögen zur drastischen Verringerung des Tropfens und die niedrige Oberflächenspannung zur "Vertreibung" eventuell auf der Metalloberfläche vorhandener Flüssigkeitstropfen, die so eine vollkommene Schmierung auch unter schwierigen Bedingungen gewährleisten.

C) HOHE TEMPERATUREN (VON 110°C BIS 250°C)

In diesem Temperaturbereich ist die Verwendung synthetischer Öle notwendig, da sie eine entschieden größere Temperaturbeständigkeit als die Mineralöle aufweisen.

Normalerweise sind die Öle zu bevorzugen, die Zusammensetzungen von Festpigmenten auf Graphit-oder Molybdändisulfidbasis enthalten, die dem Mittel herausragende Schmiereigenschaften verleihen und die Belastbarkeit erhöhen (zulässige spezifische Pressungswerte).

Die Qualität der Wirkstoffe in diesen Schmierölen ist von fundamentaler Wichtigkeit, um der schädlichen Ölschlamm- und Rußbildung bei nachfolgenden Schmierungen und an den Ketten vorzubeugen. Durch den Einsatz des Synthetiköls SYNTHESCO (KLÜBER LUBRICATION) sind optimale Ergebnisse erzielt worden. Besonders charakteristisch ist die geringere und auf jeden Fall nicht toxische Rauchenentwicklung.

D) SEHR HOHE TEMPERATUREN (ÜBER 250°C)

Unter diesen Temperaturbedingungen ist keine flüssige Schmierung möglich. Die Wahl muss sich auf Suspensionen von Festschmierstoffen in synthetischen Trägerstoffen richten, die nach ihrer Verflüchtigung eine Trockenschmierung äusserster Haltbarkeit gewährleisten.

In diesem Fall ist die Bildung einer gewissen Menge Rauches unvermeidlich und es muss größte Aufmerksamkeit auf die richtige Anwendung des Schmierstoffes gerichtet werden, der dort aufgetragen werden muss, wo die Kette die niedrigste Temperatur zeigt. Eine wirkungsvolle Lösung dieser Probleme wird von der Suspension WOLFRACOTE TOP FLUID S (KLÜBER LUBRICATION) geboten.

SAUBERHALTUNG DER KETTE

Diese Operation stellt, zusammen mit der Schmierung eine grundlegende Voraussetzung dar, um einen korrekten Betrieb der Kette zu gewährleisten. Die gleiche Schmierung kann als vollkommen unwirksam erscheinen, falls vorab die betroffenen Elemente nicht sorgfältig gereinigt werden.



Die Reinigung der Ketten ist zumindest bei folgenden Ereignissen durchzuführen:

- Vor längeren Stillstandszeiten, z.B. in bestimmten Jahreszeiten, sollten die Kette vor dem Auftragen eines geeigneten Schutzmittels gut gereinigt werden
- falls es sich beim an der Kette anhaftenden Schmutz und Schmutz handelt, der nicht mit normalen Reinigungsmethoden, wie z.B. Wasser, bei auf der Anlage montierten Kette entfernt werden kann
- falls das für die erneute Schmierung verwendete Produkt und das Betriebsschmiermittel auf der Kette nicht miteinander vermischt werden können.

Zur Reinigung wird folgende Vorgehensweise empfohlen:

1. Den größten Schmutz mit Hilfe von Bürste oder Reinigungstuch entfernen
2. die Kette mit einem Lösungsmittel, das das Schmiermittel löst, reinigen
3. die Kette für einige Stunden in ein Lösungsmittel tauchen, das das Schmiermittel auflöst und anschließend die Kette bewegen, damit alle Rückstände entfernt werden.

Falls man die Maschine nicht abschalten kann, empfiehlt sich das Auftragen eines Betriebsschmiermittels, 1:1 mit Reinigungsmittel verdünnt. Jeder Fall ist vorab mit den Techniker der Schmierung abzustimmen.

ERSTSCHMIERUNG

Für die Erstschmierung der Ketten wird der Spezialschmierstoff STRUCTOVIS FHD der Fa. KLÜBER LUBRICATION eingesetzt. Dieses Kettenöl mit viskoser Struktur differenziert sich dank folgender Eigenschaften eindeutig von den traditionellen Kettenschmierstoffen:

- hohe Haftfähigkeit (tropffrei)
- wasserabstoßend
- sehr guter Verschleißschutz
- ausgezeichnete Alterungsstabilität
- sehr gute Temperaturstabilität bis 150°C

STRUCTOVIS FHD – Chemisch-physikalische Eigenschaften		
Dichte bei 20°C (g/cm ³)	DIN 51757	ca. 0,890
Kinematische Viskosität [mm ² /sec]	DIN 51561	
	bei 40° C	145
	bei 50° C	86
	bei 100° C	15
Viskositätsindex	ISO 2909	100
Flammpunkt (°C)	DIN 51376	>250
Pourpoint (°C)	DIN ISO 3016	-12

KLÜBER Lubrication Italia ist seit 1979 die Tochtergesellschaft der deutschen Firma KLÜBER Lubrication München KG, welche mit 14 Produktionsstätten und über 50 Vertriebsbüros weltweit vertreten ist.

KLÜBER Lubrication Italia bietet mit einer umfassenden Auswahl von Spezialschmierstoffen Lösungen für alle Anforderungen im Bereich der Schmierung.

KLÜBER Lubrication Italia verfügt über die Zertifizierungen nach DIN ISO 9002, DIN ISO 14001 und über die EG-Öko-Validierung EMAS.

KLÜBER Schmierstoffe sind in ganz Europa erhältlich.

KLÜBER Lubrication Italia s.a.s.
Via Monferrato, 57
20098 S.Giuliano Milanese (MI) Italia
Tel. 02-98213.1 - Fax 02-98.28.15.95
Klita@it.klueber.com

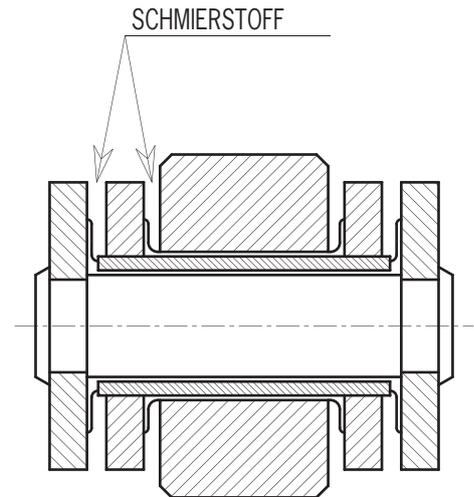


SCHMIERSYSTEME

Allgemein ist es immer angebracht, die Versorgung mit dem Schmierstoff durch automatische Einrichtungen zu regeln. Diese Methode verhindert unvorgesehenen Trockenbetrieb der Kette und gewährt gleichzeitig die optimale Schmierstoffdosierung, indem sie etwaige übermäßige Schmierung und daraus folgende Tropfen des Mittels verringert.

Der Schmierstoff muss auf die Rollenden und zwischen die Laschen zu den Bolzen gespritzt bzw. gesprüht werden, damit er in das gesamte Kettengelenk eindringen kann. Allgemein braucht man bei Anwendung eines GEEIGNETEN Schmierstoffs erhöhter Schmierfähigkeit die Kette damit nicht zu tränken, sondern nur zu benetzen.

Bezüglich der Schmierfrequenz und der aufzutragenden Schmierstoffmenge ist es nicht möglich allgemeingültige Angaben zu machen. Jeder Fall muss einzeln überprüft werden.



SCHLUSSBEMERKUNG

Die oben angeführten Angaben haben das vorgenannte Thema auf keinen Fall erschöpfend behandelt.

Die mit den verschiedenen Anwendungen verbundenen Problemstellungen sind vielseitig.

Das Hauptziel dieser Abhandlung besteht in der Herausstellung der Wichtigkeit des manchmal unbekanntem, oft unterschätzten und selten als entscheidend betrachteten Gegenstandes.

KODIFIZIERUNG DER KETTEN

Um eine technische Sprache zu benutzen, die keinen Anlass zu irrtümlichen Interpretationen geben kann, empfehlen wir, eine einheitliche Terminologie zur Bezeichnung der Ketten zu verwenden. Der Einfachheit halber werden die Kettentypen und die Befestigungstypen getrennt betrachtet.

KETTENTYP

a) Allgemein ist er durch die "Kettensnummer" definiert, die alle ihre charakterisierenden Dimensionen wie Teilung, innere Breite, Rollendurchmesser etc zusammengefasst:

Beispiel:

Kette Nr. 352 – N. C2080R – N. 400C

b) Im besonderen werden die "nicht in Zoll genormten" Ketten der "Serie DIN 8167" und der "Serie DIN 8165" außer durch die Kettensnummer auch durch einen Buchstaben – (A) heißt mit Buchse, (B) mit kleiner Rolle, (C) mit großer Rolle oder (D) mit Bundrolle, - und durch die Nummer zur Spezifizierung der Kettensnummer verschiedene Teilungen möglich sind- definiert.

Beispiele:

a) Kette Nr. Z40-A-101,6

bedeutet:

Z40	=	Vollbolzenkette nicht in Zoll genormt
A	=	mit Buchse
101,6	=	Teilung 101,6 mm

b) Kette Nr. MC112-D-200

bedeutet:

MC112 = Hohlbolzenkette Serie DIN 8168
D = mit Buchse
200 = Teilung 200 mm

c) Alle, nicht im Katalog aufgeführten Spezialketten werden in Abhängigkeit zur Teilung, der inneren Breite, der Rollendurchmesser und der entsprechenden Zeichnung, die alle anderen Eigenschaften illustriert, klassifiziert.

Beispiel:

Kette Teilung 150 x 23 x 45 – nach Zeichnung n° 001954

Jede Abweichung vom Produktionsstandard muss in ihren Eigenschaften genau umrissen werden:

Beispiele:

- a) Kette Nr. 500 verzinkt
- b) Kette Nr. 500 vergüteten Laschen
- c) Kette Nr. 500 mit Rollendurchmesser 20 mm.

BEFESTIGUNGSTYP

Er wird in seinen Dimensionen von der Tabellen für die den verschiedenen Kettentypen entsprechenden Befestigungen definiert, oder im Fall von Sonderlösungen von einer detaillierten Zeichnung. Bei der Kettenbestimmung muss demzufolge festgelegt werden, wann die Befestigungsglieder vorgesehen sind, wie sie angebracht werden sollen, wie viele Löcher sie haben müssen usw., deshalb vervollständigt man die Bezeichnung des Kettentyps (siehe vorausgehenden Abschnitt) mit folgenden Symbolen:

A = Winkellasche einseitig
M = Mitnehmer einseitig vertikal
K = Winkellasche beidseitig
MK = Mitnehmer beidseitig vertikal
1 = Befestigungsglied mit 1 Loch
2 = Befestigungsglied mit 2 Löchern
3 = Befestigungsglied mit 3 Löchern
01 = Befestigungsglied auf allen Teilungen
02 = Befestigungsglied alle 2 Teilungen
10 = Befestigungsglied alle 10 Teilungen
0X = Befestigungsglied alle X Teilungen

- **SONDERWINKELN NACH KUNDEANFRAGE**

Beispiel:

a) Kette Nr. 500A202
bedeutet:
Kette Nr. 500 mit Zweilochmitnehmer auf einer Seite, alle zwei Teilungen.

b) Kette Nr. 703K304
bedeutet:
Kette Nr. 703 mit Dreilochmitnehmer an zwei Seiten, alle vier Teilungen.

c) Kette Nr. M160C125A203
bedeutet:
Kette der Serie M ..., mit Zweilochmitnehmern auf einer Seite, alle drei Teilungen.



Spezialmitnehmer oder von denen des Katalogs abweichenden Formen werden durch dieselben Klassifikationskriterien der Standardmitnehmer bestimmt, müssen sich aber immer auf eine Zeichnungsnummer beziehen;

Beispiel:

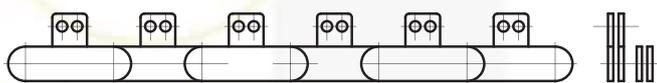
Kette Nr. 704/ A1-01 nach Zeichnung N° 001988

Wenn Mitnehmer auf allen geraden Teiungen (02-04-06 etc.), vorgesehen sind ist es üblich, sie an die Aussenglieder der Kette zu montieren: deshalb ist es zweckmässig anzugeben "AUF INNENGLIEDER", falls diese Lösung erforderlich wäre.

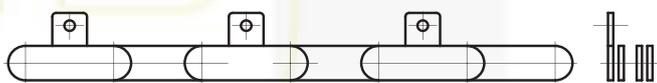
Die folgenden Seiten illustrieren auch visuell die üblichsten Montagekombinationen der Befestigungsglieder.



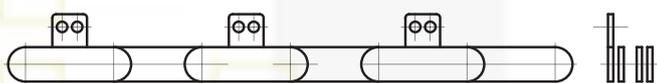
M1-01



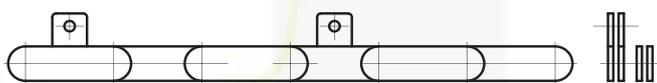
M2-01



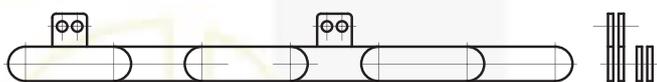
M1-02



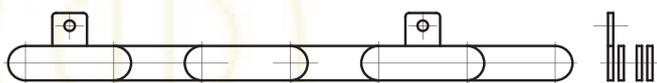
M2-02



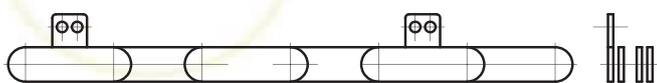
M1-03



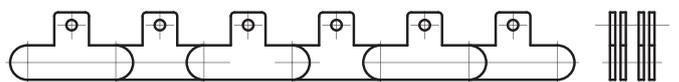
M2-03



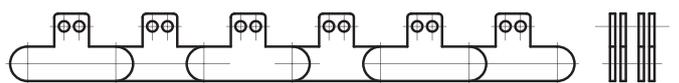
M1-04



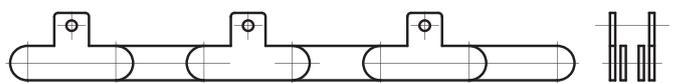
M2-04



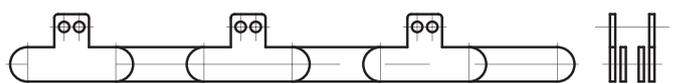
MK1-01



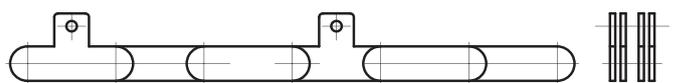
MK2-01



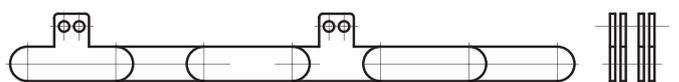
MK1-02



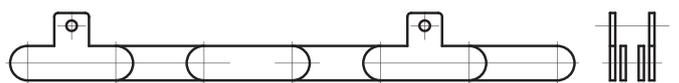
MK2-02



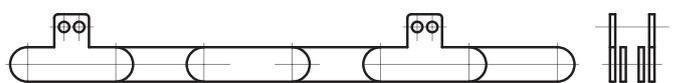
MK1-03



MK2-03

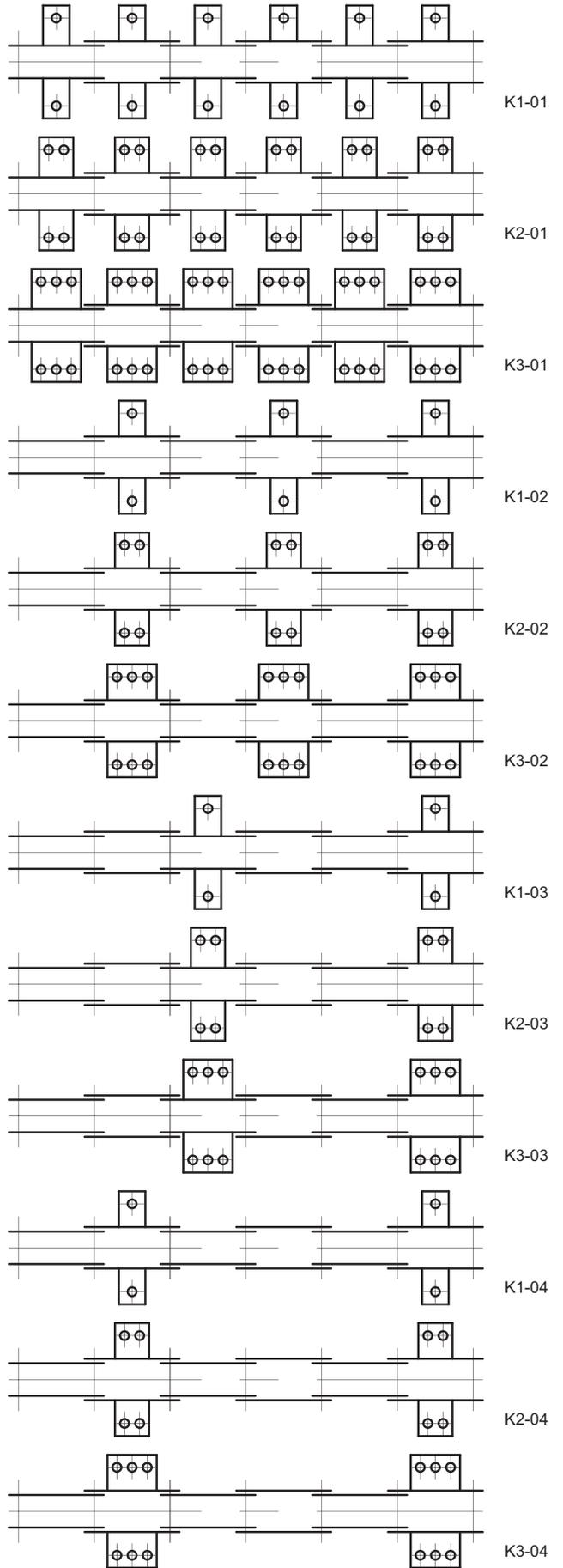
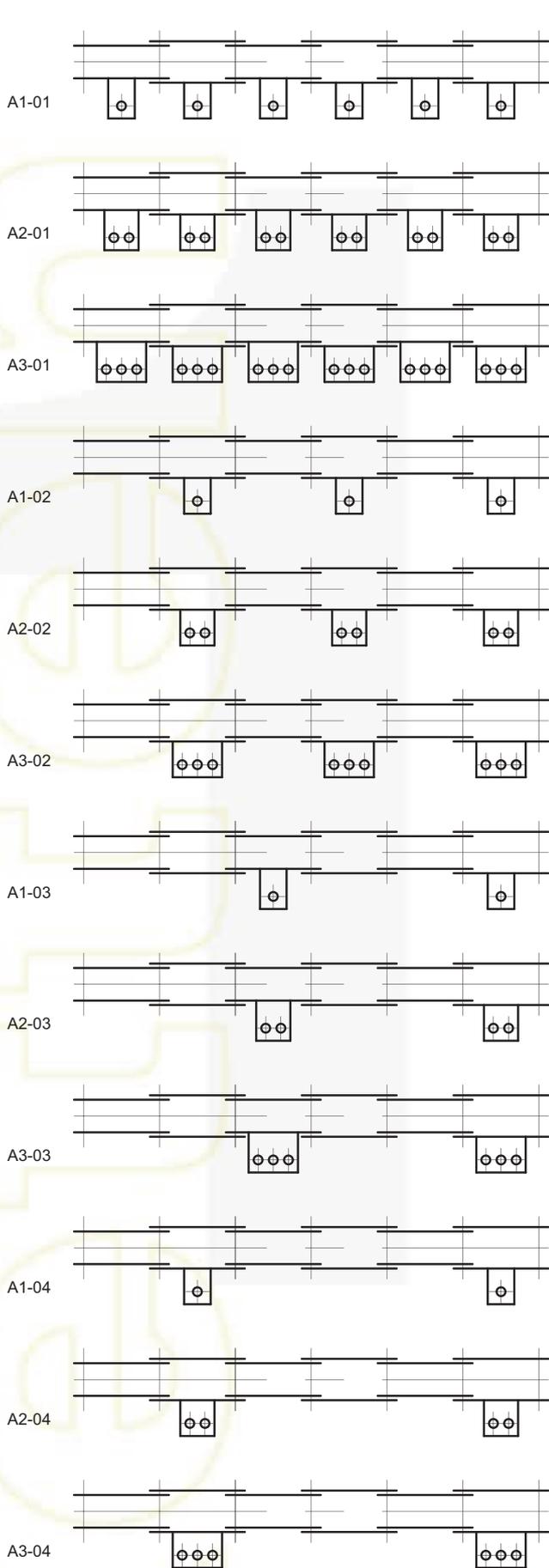


MK1-04



MK2-04





SONDERWINKELN NACH KUNDEANFRAGE



UMRECHNUNGSFAKTOREN

Maßeinheit	Länge	Multipliziert mit	erhält man	Maßeinheit
m	Meter	39,3701	Zoll	in
m	Meter	3,28084	Fuß	ft
m	Meter	1,09361	Yard	yd
cm	Zentimeter	0,393701	Zoll	in
cm	Zentimeter	0,032808	Fuß	ft
mm	Millimeter	0,039370	Zoll	in
mm	Millimeter	0,003280	Fuß	ft
in	Zoll	25,4	Millimeter	mm
in	Zoll	2,54	Zentimeter	cm
in	Zoll	0,0254	Meter	m
ft	Fuß	304,8	Millimeter	mm
ft	Fuß	30,48	Zentimeter	cm
ft	Fuß	0,3048	Meter	m
mi	Statutmeile/statute miles	1,60934	Kilometer	km
mi	Statutmeile	1609,344	Meter	m
km	Kilometer	0,621371	Statutmeile	mi
Maßeinheit	BEREICH	Multipliziert mit	erhält man	Maßeinheit
m ²	Quadratmeter	1550	Quadratzoll	in ²
m ²	Quadratmeter	10,7639	Quadratfuß	ft ²
m ²	Quadratmeter	1,19599	Quadratyards	yd ²
cm ²	Quadratzenzimeter	0,001076	Quadratfuß	ft ²
cm ²	Quadratzenzimeter	0,155	Quadratzoll	in ²
mm ²	Quadratmillimeter	0,00155	Quadratzoll	in ²
mm ²	Quadratmillimeter	0,000010 (1,07639x10 ⁻⁵)	Quadratfuß	ft ²
in ²	Quadratzoll	0,000645 (6,64516x10 ⁻⁴)	Quadratmeter	m ²
in ²	Quadratzoll	6,4516	Quadratzenzimeter	cm ²
in ²	Quadratzoll	645,16	Quadratmillimeter	mm ²
ft ²	Quadratfuß	0,092903	Quadratmeter	m ²
ft ²	Quadratfuß	929,03	Quadratzenzimeter	cm ²
ft ²	Quadratfuß	92903	Quadratmillimeter	mm ²
Maßeinheit	VOLUMEN	Multipliziert mit	erhält man	Maßeinheit
m ³	Kubikmeter	61023,7	Kubikzoll	in ³
m ³	Kubikmeter	35,3147	Kubikfuß	ft ³
m ³	Kubikmeter	219,969	englische Gallone	UK gallon
m ³	Kubikmeter	264,172	USA Gallone	gal (U.S. liquid)
l (dm ³)	Liter (Kubikdeziliter)	61,0237	Kubikzoll	in ³
l (dm ³)	Liter (Kubikdeziliter)	0,035314	Kubikfuß	ft ³
l (dm ³)	Liter (Kubikdeziliter)	0,219969	englische Gallone	UK gallon
l (dm ³)	Liter (Kubikdeziliter)	0,264172	USA-Gallone	gal (U.S. liquid)
cm ³	Kubikzentimeter	0,061023	Kubikzoll	in ³
cm ³	Kubikzentimeter	0,000035 (3,53147x10 ⁻⁵)	Kubikfuß	ft ³
ft ³	Kubikfuß	0,028316	Kubikmeter	m ³
ft ³	Kubikfuß	28,3168	Liter (Kubikdeziliter)	l (dm ³)
ft ³	Kubikfuß	28316,8	Kubikzentimeter	cm ³
in ³	Kubikzoll	0,000016 (1,63871x10 ⁻⁵)	Kubikmeter	m ³
in ³	Kubikzoll	0,016387	Liter (Kubikdeziliter)	l (dm ³)
in ³	Kubikzoll	16,3871	Kubikzentimeter	cm ³
UK gallon	englische Gallone	0,004546	Kubikmeter	m ³
UK gallon	englische Gallone	4,54609	Liter (Kubikdeziliter)	l (dm ³)
Maßeinheit	Winkel	Multipliziert mit	erhält man	Maßeinheit
°	Winkelgrad	0,017453	Radiant	rad
rad	Radiant	57,2958	Winkelgrad	°



UMRECHNUNGSFAKTOREN

Maßeinheit	Drehmoment	Multipliziert mit	erhält man	Maßeinheit
N m	Newtonmeter	0,101972	Kilogramm-Meter	kgf m
N m	Newtonmeter	0,737562	Kraftpfund Fuß	lbf ft
N m	Newtonmeter	8,85075	Kraftpfund Zoll	lbf in
kgf m	Kilogramm-Meter	9,80665	Newtonmeter	N m
kgf m	Kilogramm-Meter	7,23301	Kraftpfund Fuß	lbf ft
kgf m	Kilogramm-Meter	86,7962	Kraftpfund Zoll	lbf in
lbf in	Kraftpfund Zoll	0,112985	Newtonmeter	N m
lbf in	Kraftpfund Zoll	0,0115212	Kilogramm-Meter	kgf m
lbf ft	Kraftpfund Fuß	1,35582	Newtonmeter	N m
lbf ft	Kraftpfund Fuß	0,138255	Kilogramm-Meter	kgf m
Maßeinheit	Kraft und Gewichtskraft	Multipliziert mit	erhält man	Maßeinheit
N	Newton	0,101972	Kilogramm Kraft	kg
N	Newton	0,224809	Kraftpfund	lbf
kgf	Kraft-Kilogramm	9,80665	Newton	N
kgf	Kraft-Kilogramm	2,20462	Kraftpfund	lbf
lbf	Kraftpfund	4,44822	Newton	N
lbf	Kraftpfund	0,453592	Kilogramm	kgf
ton f (UK)	UK Krafttonne	9964,02	Newton	N
ton f (UK)	UK Krafttonne	1016,05	Kraft-Kilogramm	kgf
ton f (US)	US Krafttonne	8896,44	Newton	N
ton f (US)	US Krafttonne	907,185	Kraft-Kilogramm	kgf
tf	Kraft-Metertonne	9806,65	Newton	N
tf	Kraft-Metertonne	1000	Kraft-Kilogramm	kgf
Maßeinheit	Masse/Gewicht	Multipliziert mit	erhält man	Maßeinheit
kg	Kilogramm	2,20462	Pfund	lb
kg	Kilogramm	0,000984 (9,84207x10 ⁻⁴)	UK-Tonne (long ton)	ton UK
kg	Kilogramm	0,001102	US-Tonne (short ton)	ton US
kg	Kilogramm	0,001	Metertonne	t
lb	Pfund	0,453592	Kilogramm	kg
ton UK	UK-Tonne (long ton)	1016,05	Kilogramm	kg
ton US	US-Tonne (short ton)	907,185	Kilogramm	kg
t	Metertonne	1000	Kilogramm	kg
Maßeinheit	Massendichte pro Volumeneinheit	Multipliziert mit	erhält man	Maßeinheit
kg/m ³	Kilogramm pro Kubikmeter	0,62428	Pfund pro Kubikfuß	lb/ft ³
kg/m ³	Kilogramm pro Kubikmeter	0,000036 (3,61273x10 ⁻⁵)	Pfund pro Kubikzoll	lb/in ³
kg/m ³	Kilogramm pro Kubikmeter	0,001	Kilogramm pro Liter	kg/l
lb/ft ³	Pfund pro Kubikfuß	16,0185	Kilogramm pro Kubikmeter	kg/m ³
lb/in ³	Pfund pro Kubikzoll	27679,9	Kilogramm pro Kubikmeter	kg/m ³
kg/l	Kilogramm pro Liter	1000	Kilogramm pro Kubikmeter	kg/m ³
kg/l	Kilogramm pro Liter	62,428	Pfund pro Kubikfuß	lb/ft ³
kg/l	Kilogramm pro Liter	0,036127	Pfund pro Kubikzoll	lb/in ³
lb/ft ³	Pfund pro Kubikfuß	0,016018	Kilogramm pro Liter	kg/l
lb/in ³	Pfund pro Kubikzoll	27,6799	Kilogramm pro Liter	kg/l
Maßeinheit	GEWICHT PRO LÄNGENEINHEIT	Multipliziert mit	erhält man	Maßeinheit
kg/m	Kilogramm pro Meter	0,671972	Pfund pro Fuß	lb/ft
lb/ft	Pfund pro Fuß	0,13826	Kraftkilometer pro Meter	kg/m
Maßeinheit	LEISTUNG	Multipliziert mit	erhält man	Maßeinheit
Hp	Horsepower	746	Watt	W
CV	Pferdestärke	735,499	Watt	W
W	Watt	0,001340	Horsepower	Hp
W	Watt	0,001359	Pferdestärke	CV



UMRECHNUNGSFAKTOREN

Maßeinheit	LEISTUNG	Multipliziert mit	erhält man	Maßeinheit
kW	Kilowatt	1000	Watt	W
kW	Kilowatt	1,34048	Horsepower	Hp
kW	Kilowatt	1,35962	Pferdestärke	CV
Hp	Horsepower	0,746	kW Kilowatt	kW
CV	Pferdestärke	0,735499	kW Kilowatt	kW
Maßeinheit	DRUCK	Multipliziert mit	erhält man	Maßeinheit
Pa (N/m ²)	Pascal	0,00000010 (1,01972x10 ⁻⁷)	Kraftkilogramm pro Quadratmillimeter	kgf/mm ²
Pa (N/m ²)	Pascal	0,000010 (1,01972x10 ⁻⁵)	Kraftkilogramm pro Quadratzentimeter	kgf/cm ²
Pa (N/m ²)	Pascal	0,00001 (10 ⁻⁵)	bar	bar
Pa (N/m ²)	Pascal	0,000009 (9,86923x10 ⁻⁶)	Atmosphäre	atm
Pa (N/m ²)	Pascal	0,020885	Pfund pro Quadratfuß	lbf/ft ²
Pa (N/m ²)	Pascal	0,000145 (1,45038x10 ⁻⁴)	Pfund pro Quadratzoll	lbf/in ² (psi)
Mpa (N/mm ²)	Megapascal	0,101972	Kraftkilogramm pro Quadratmillimeter	kgf/mm ²
Mpa (N/mm ²)	Megapascal	10,1972	Kraftkilogramm pro Quadratzentimeter	kgf/cm ²
Mpa (N/mm ²)	Megapascal	10	bar	bar
Mpa (N/mm ²)	Megapascal	9,86923	Atmosphär	atm
Mpa (N/mm ²)	Megapascal	20885,4	Kraftpfund pro Quadratfuß	lbf/ft ²
Mpa (N/mm ²)	Megapascal	145,038	Kraftpfund pro Quadratzoll	lbf/in ² (psi)
kgf/cm ²	Kraftkilogramm pro Quadratzentimeter	98066,5	Pascal	Pa (N/m ²)
kgf/cm ²	Kraftkilogramm pro Quadratzentimeter	0,098066	Megapascal	Mpa (N/mm ²)
kgf/cm ²	Kraftkilogramm pro Quadratzentimeter	14,2233	Kraftpfund al Quadratzoll	lbf/in ² (psi)
kgf/cm ²	Kraftkilogramm pro Quadratzentimeter	2048,16	Kraftpfund al Quadratfuß	lbf/ft ²
kgf/cm ²	Kraftkilogramm pro Quadratzentimeter	0,980665	bar	bar
kgf/cm ²	Kraftkilogramm pro Quadratzentimeter	0,967841	Atmosphäre	atm
kgf/mm ²	Kraftkilogramm pro Quadratmillimeter	9806650	Pascal	Pa (N/m ²)
kgf/mm ²	Kraftkilogramm pro Quadratmillimeter	9,80665	Megapascal	Mpa (N/mm ²)
kgf/mm ²	Kraftkilogramm pro Quadratmillimeter	1422,33	Kraftpfund pro Quadratzoll	lbf/in ² (psi)
kgf/mm ²	Kraftkilogramm pro Quadratmillimeter	204816	Kraftpfund pro Quadratfuß	lbf/ft ²
kgf/mm ²	Kraftkilogramm pro Quadratmillimeter	98,0665	bar	bar
kgf/mm ²	Kraftkilogramm pro Quadratmillimeter	96,7841	Atmosphäre	atm
lbf/ft ²	Kraftpfund pro Quadratfuß	47,8803	Pascal	Pa (N/m ²)
lbf/ft ²	Kraftpfund pro Quadratfuß	0,000047 (4,78803x10 ⁻⁵)	Megapascal	Mpa (N/mm ²)
lbf/ft ²	Kraftpfund pro Quadratfuß	0,000488	Kraftkilogramm pro Quadratzentimeter	kgf/cm ²
lbf/ft ²	Kraftpfund pro Quadratfuß	0,000004 (4,88243x10 ⁻⁶)	Kraftkilogramm pro Quadratmillimeter	kgf/mm ²
lbf/ft ²	Kraftpfund pro Quadratfuß	0,000478 (4,78803x10 ⁻⁴)	bar	bar
lbf/ft ²	Kraftpfund pro Quadratfuß	0,000472 (4,72541x10 ⁻⁴)	Atmosphäre	atm
lbf/in ² (psi)	Kraftpfund pro Quadratzoll	6894,76	Pascal	Pa (N/m ²)
lbf/in ² (psi)	Kraftpfund pro Quadratzoll	0,006894	Megapascal	Mpa (N/mm ²)
lbf/in ² (psi)	Kraftpfund pro Quadratzoll	0,070307	Kraftkilogramm pro Quadratzentimeter	kgf/cm ²
lbf/in ² (psi)	Kraftpfund pro Quadratzoll	0,000703 (7,0307x10 ⁻⁴)	Kraftkilogramm pro Quadratmillimeter	kgf/mm ²
lbf/in ² (psi)	Kraftpfund pro Quadratzoll	0,068947	bar	bar
lbf/in ² (psi)	Kraftpfund pro Quadratzoll	0,068046	Atmosphäre	atm
bar	bar	100000	Pascal	Pa (N/m ²)
bar	bar	0,1	Megapascal	Mpa (N/mm ²)
bar	bar	0,986923	Atmosphäre	atm
atm	Atmosphäre	101325	Pascal	Pa (N/m ²)
atm	Atmosphäre	0,101325	Megapascal	Mpa (N/mm ²)
atm	Atmosphäre	1,01325	bar	bar
Maßeinheit	MASSENLEISTUNG	Multipliziert mit	erhält man	Maßeinheit
kg/sec	Kilogramm pro Sekunde	60	Kilogramm pro Minute	kg/min
kg/sec	Kilogramm pro Sekunde	3600	Kilogramm pro Stunde	kg/h
kg/sec	Kilogramm pro Sekunde	132,277	Pfund pro Minute	lb/min
kg/sec	Kilogramm pro Sekunde	7936,64	Pfund pro Stunde	lb/h
kg/sec	Kilogramm pro Sekunde	3,6	Tonne pro Stunde	t/h



UMRECHNUNGSFAKTOREN

Maßeinheit	MASSENLEISTUNG	Multipliziert mit	erhält man	Maßeinheit
kg/sec	Kilogramm pro Sekunde	3,54314	U-Tonne pro Stunde	ton UK/h
kg/sec	Kilogramm pro Sekunde	3,96832	USA-Tonne pro Stunde	ton US/h
kg/min	Kilogramm pro Minute	0,016666	Kilogramm pro Sekunde	kg/sec
kg/h	Kilogramm pro Stunde	0,000277 (2,77778x10 ⁻⁴)	Kilogramm pro Sekunde	kg/sec
lb/min	Pfund pro Minute	0,00755987	Kilogramm pro Sekunde	kg/sec
lb/h	Pfund pro Stunde	0,000125 (1,25998x10 ⁻⁴)	Kilogramm pro Sekunde	kg/sec
t/h	Tonne pro Stunde	0,277778	Kilogramm pro Sekunde	kg/sec
ton UK/h	Uk-Tonne pro Stunde	0,282235	Kilogramm pro Sekunde	kg/sec
ton US/h	USA-Tonne pro Stunde	0,251996	Kilogramm pro Sekunde	kg/sec
Maßeinheit	GESCHWINDIGKEIT	Multipliziert mit	erhält man	Maßeinheit
m/sec	Meter pro Sekunde	39,3701	Zoll pro Sekunde	in/sec
m/sec	Meter pro Sekunde	2362,2	Zoll pro Minute	in/min
m/sec	Meter pro Sekunde	3,28084	Fuß pro Sekunde	ft/sec
m/sec	Meter pro Sekunde	196,85	Fuß pro Minute	ft/min
m/sec	Meter pro Sekunde	3,6	Kilometer pro Stunde	km/h
m/sec	Meter pro Sekunde	2,23694	Meile pro Stunde	mi/h
m/min	Meter pro Minute	0,016666	Meter pro Sekunde	m/sec
m/min	Meter pro Minute	0,656168	Zoll pro Sekunde	in/sec
m/min	Meter pro Minute	39,3701	Zoll pro Minute	in/min
m/min	Meter pro Minute	0,054680	Fuß pro Sekunde	ft/sec
m/min	Meter pro Minute	3,28084	Fuß pro Minute	ft/min
m/min	Meter pro Minute	0,06	Kilometer pro Stunde	km/h
m/min	Meter pro Minute	0,037282	Meile pro Stunde	mi/h
in/sec	Zoll pro Sekunde	0,0254	Meter pro Sekunde	m/sec
in/min	Zoll pro Minute	0,000423 (4,23333x10 ⁻⁴)	Meter pro Sekunde	m/sec
ft/sec	Fuß pro Sekunde	0,3048	Meter pro Sekunde	m/sec
ft/min	Fuß pro Minute	0,00508	Meter pro Sekunde	m/sec
km/h	Kilometer pro Stunde	0,2778	Meter pro Sekunde	m/sec
mi/h	Meile pro Stunde	0,44704	Meter pro Sekunde	m/sec
in/sec	Zoll pro Sekunde	1,524	Meter pro Minute	m/min
in/min	Zoll pro Minute	0,0254	Meter pro Minute	m/min
ft/sec	Fuß pro Sekunde	18,288	Meter pro Minute	m/min
ft/min	Fuß pro Minute	0,3048	Meter pro Minute	m/min
km/h	Kilometer pro Stunde	16,6667	Meter pro Minute	m/min
mi/h	Meile pro Stunde	26,82240	Meter pro Minute	m/min
Maßeinheit	TEMPERATUR	mit folgender Formel	erhält man	Maßeinheit
°C	Grad Celsius	$(tC \times 1,8) + 32$ tC=temperatura in °C	Grad Fahrenheit	°F
°F	Grad Fahrenheit	$5/9 \times (tF - 32)$ tF=temperatura in °F	Grad Celsius	°C
K	kelvin	tK-273,15 tK= Temperatur in K	Grad Celsius	°C

