

Kapitel I Auswahl von Förderketten

Um sicher zu stellen, dass bei der Auswahl von Förderketten ein geeignetes Berechnungsverfahren angewandt wird, möchten wir Sie auf folgende grundlegende Aspekte aufmerksam machen:

Dabei ist zu beachten:

- Typ des Förderers
- beförderte Masse
- Geschwindigkeit der Kettenvorschubbewegung
- Kettenteilung
- Verbindung zweier Förderketten
- Arbeitsumgebung
- Schmierung
- Festigkeitsgrenze der Kette, Bruchbelastung

1) Typ des Förderers

Die Förderer lassen sich in diese Grundkategorien einteilen :

- Horizontale
- Geneigte (schräge)
- Vertikale
- Kombinierte

2) beförderte Masse

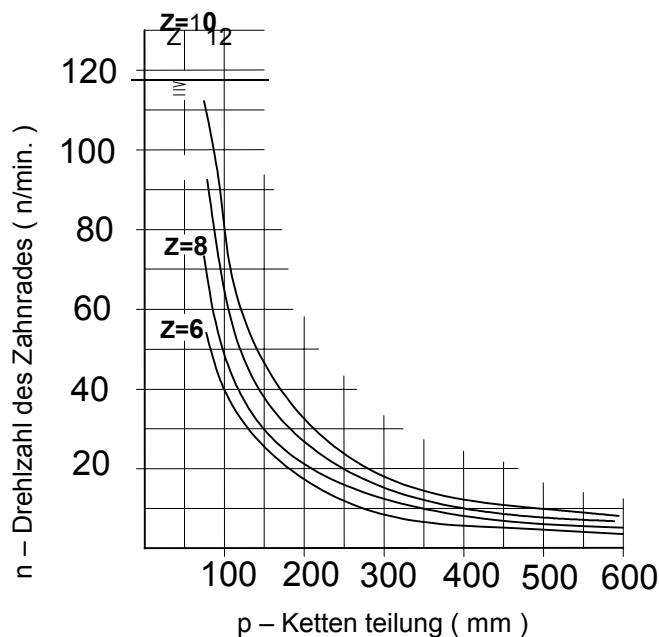
Damit ist die Masse des Beförderungsmaterials gemeint, die die Förderketten und – falls vorhanden - ihre Stützen (Fördererleisten, leichte Mitnehmerelemente, Quertragelemente, Gelenke , Gelenkaufhängungen und ähnliches) belastet.

Dabei muss auch die Belastungsverteilung auf dem Förderer beachtet werden. Das Berechnungsverfahren für den Fall, bei dem die Belastung sich auf die kleineren Unterstützungsflächen konzentriert, unterscheidet sich von dem Berechnungsverfahren, das bei einer gleichmässig verteilten Belastung angewandt werden muss.

3) Geschwindigkeit der Kettenbewegung

Die Geschwindigkeit der Kettenbewegung ist die Strecke, welche die Kette in einer Zeiteinheit verrichtet. Diese Geschwindigkeit der Kettenbewegung ist ein Grundfaktor für die Festsetzung der Leistung so eines Förderers. Die Festsetzung der Leistung hängt zusammen mit der Kettenteilung in Abhängigkeit von dem Durchmesser des Trieb- und Leitrades.

Abhängigkeiten gezeigt in
Bild Nr. 1.



$$v = \frac{p \cdot Z \cdot n}{1000} \quad (\text{m/min.})$$

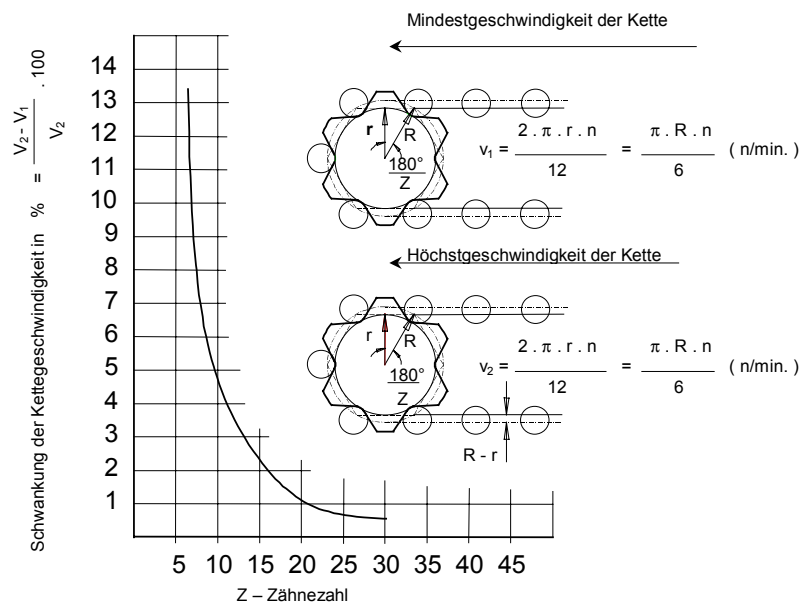
v = Geschwindigkeit der Kettenbewegung (m/min.)
 Z = Zähnezahl
 p = Kettenteilung (mm)
 n = Drehzahl des Zahnrades (n/min.)

Bei den Förderketten ist die Grenze der Höchstgeschwindigkeit etwa 60 m/min.. Die Optimalwerte liegen zwischen 0 bis 30 m/min.. Besondere Aufmerksamkeit gilt dem Förderer mit einer Ketten geschwindigkeit unter 1 m/min..

Wenn diese niedrige Ketten geschwindigkeit mit bedeutenden Fördererlängen (von 80 – 100 m), mit kleinen Trieb rädern (Z von 18 – 20), oder mit einer großer Teilung und Kettenschritt kombiniert wird, ist es möglich, daß es zu einer "Pendelbewegung" kommt. Diese "Pendelbewegung" ist eine ungleichförmige Bewegung des Kettenförderers oder des Transportbandes in der Richtung nach vorn mit Stoßen und kann eine Auflösung der Kette bedeuten.

Die graphische Darstellung zeigt den Bereich der Schwankungsänderungen der Geschwindigkeit in Prozenten.

Bild Nr. 2



n = Drehzahl des Zahnrades (n/min.)
 Z = Zähnezahl
 R = Radius des Zahnrades (m)

$$r = R \cdot \cos \frac{180^\circ}{Z} \quad (\text{m})$$

$r - R$ = Bereich der Schwankungsänderungen der Polygonwirkung

Der Effekt " Pendelbewegung " hat keine Wirkung für den Fall, daß die Werte der Schwankung ungefähr bei 1% liegen.

4) Kettenteilung

Die Kettenteilung ist der Achsenabstand zweier drehbarer Nachbarkettenbolzen in Millimeter oder in Zoll.

Die Kettenteilung ist festgesetzt nach folgenden Förderercharakteristiken :

- Geschwindigkeit der Kettenbewegung
- Durchmesser des Trieb rades und Leit rades
- Belastungsverteilung auf dem Förderer
- Masse eventueller Stützelemente (Fördererleisten, leichte Mitnehmerelemente-Querträger, Quertragelemente-Gelenke, Gelenkaufhängungen und ähnliches)

5) Verbindung zweier Förderketten

Üblicherweise wird die Verbindung zweier Förderketten mit dem Winkeleisen durchgeführt. Das Winkeleisen ist an die Laschen der Kette geschweißt. Die Ketten kann man auch mit anderen Elementen verbinden.

Die Kettenverbindung ist durch die Maßcharakteristik der Kette sowie der Form und der Anzahl der Stützelemente auf 1 Meter Kettenlänge definiert.

6) Arbeitsumgebung

Die Arbeitsumgebung ist der Raum und die Bedingungen, in welchen die Kette eingesetzt wird. Dabei müssen folgende Faktoren berücksichtigt werden:

- Reinheitsgrad, Reinigung
- Temperatur
- Vorhandensein eines Abrasionsstoffes (z.B. Staub, Sand, Schotter, Mehl u.s.w.)
- Feuchtigkeit, Atmosphärische Reagenzien
- Chemische aggressive Stoffe
- und Ähnliches

Von diesen Faktoren hängt die Dimensionierung der Kette, die Qualität des Konstruktionsmaterials, Spiel, Fertigungstoleranzen, Galvanisierung und Sicherheitskoeffizienten ab.

Die Tabelle Nr. 1 enthält Koeffizienten zur Korrektur der Kettenarbeitsbelastung in Abhängigkeit der Temperatur.

Temperatur	richtige Arbeitsbelastung	Koeffizient der Korrektur
- 40°C ~ - 20°C	(Die höchste zulässige Arbeitsbelastung)	x 0,25
- 20°C ~ - 10°C	(Die höchste zulässige Arbeitsbelastung)	x 0,30
- 10°C ~ 160°C	(Die höchste zulässige Arbeitsbelastung)	x 1,00
160°C ~ 200°C	(Die höchste zulässige Arbeitsbelastung)	x 0,75
200°C ~ 300°C	(Die höchste zulässige Arbeitsbelastung)	x 0,50

7) Schmierung der Kette

Das Schmieren hat eine große Auswirkung auf die Lebensdauer der Kette. Eine sachgerechte Art der Schmierung unterstützt die Abnutzungs-, Korrosions- und Witterungsbeständigkeit von allen Komponenten der Kette.

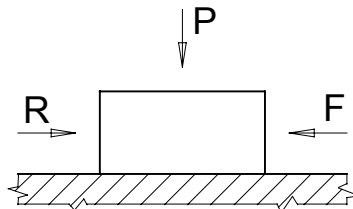
Die Schmierung der Kette muß diese folgende Hauptfunktionen erfüllen :

- a) Reibungskoeffizient senken
- b) Kettenabnutzung beschränken und energetische Ersparnisse bringen
- c) Ketten gegen Korrosion schützen
- d) richtige Funktion der Kette sicherstellen

a) Verminderung des Reibungskoeffizientes

Bei jeder Bewegung muß man einen bestimmten Widerstand überwinden. Diesen Widerstand definiert man als Reibungswiderstand. Wir werden voraussetzen, dass ein Körper von der Masse " P " auf einer Ebene liegt.

Bild Nr. 3



F - Bewegungsrichtung

Der Reibungswiderstand " R " entsteht, falls zwei Körper sich bewegen und wirkt umgekehrt als Körperbewegung .

Dieser Reibungswiderstand hängt von zwei Faktoren ab :

- von der Masse des Körpers " P "

- von dem statischen Koeffizient " μ ", oder von dem dynamischen Reibungskoeffizient " τ "

Der Wert R kann man berechnen :

$$R = \mu \cdot P \text{ (kg)}$$

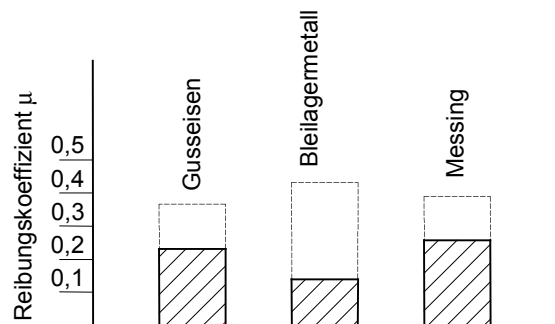
$$R = \tau \cdot P \text{ (kg)}$$

Reibungskoeffizient " τ " ist immer niedriger als Koeffizient " μ ". Das bedeutet, daß die Kraft für die Überwindung des Reibungswiderstandes beim in Bewegung setzen des Körpers viel größer sein wird (1,5x bis 3x) als die Kraft, die für Erhaltung einer Bewegung notwendig wird.

Reibungskoeffizienten " μ " und " τ " sind von Qualität der Kontaktflächen, Art des Kontaktes (Gleitkontakt, Schubkontakt oder Wälzkontakt) und von der Art des Schmiermittels abhängig.

Die Tabelle auf dem Bild Nr. 4 zeigt die deutliche Senkung der Werte " μ " bei der Applikation eines Mineralöles zwischen zwei Metallen.

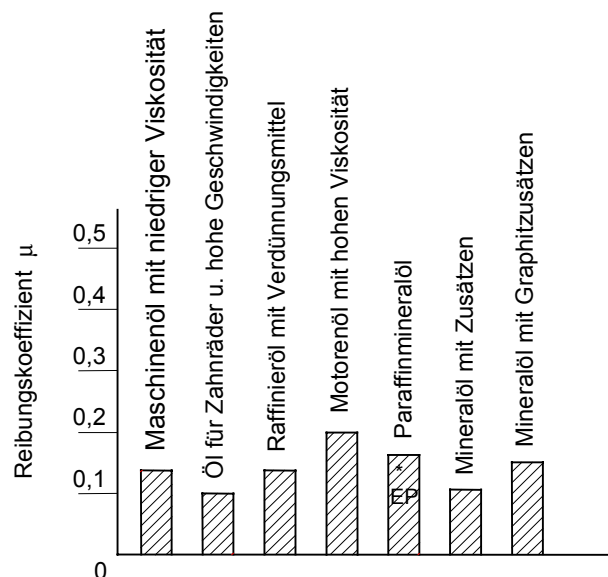
Bild Nr. 4



Die Reibungskoeffizientwerte " μ " für verschiedene Materialien, die sich gegen den Stahl mit und ohne Mineralölschmierung (ohne Schmierung-unterbrochene Linie, mit Schmierung-Vollinie) bewegen.

Die Tabelle auf dem Bild Nr. 5 zeigt den Einfluss von verschiedenen Schmiermitteln auf die Höhe Reibungskoeffizientes " μ ".

Bild Nr. 5



Das Bild zeigt die Reibungskoeffizientwerte " μ " bei Kontakt Stahl auf Stahl in Abhängigkeit von verschiedenen Schmiermitteln.

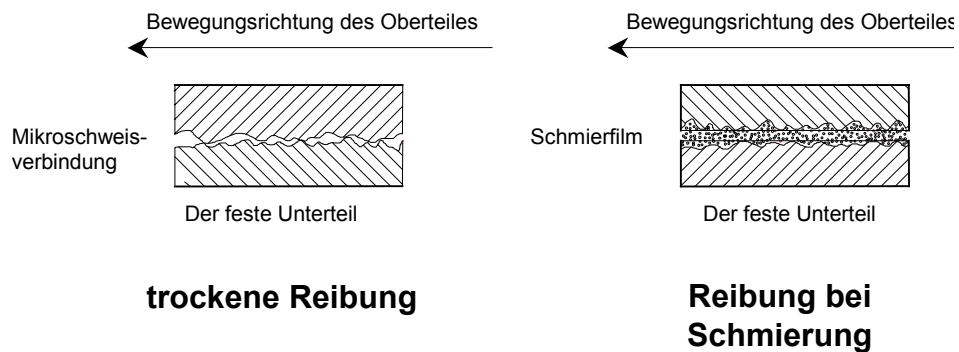
* EP = Extrem Hochdruck (Zusätze für die Extremdrücke)

b) Reduzierung der Kettenabnutzung

Gegenseitige Bewegung zwischen der Buchse, Zwischenbuchse und der Rolle ohne Schmieren führt zur fortschreitenden Abrasion der zugehörigen Flächen. Das führt zur vorzeitigen Abnutzung der Kette, zur erheblichen Erhöhung des Reibungswiderstandes und dadurch auch zur erforderlichen Leistungserhöhung des Antriebsmotors.

Ein geeigneter Schmierfilm verhindert die direkte Berührung der Metallflächen und verhindert die oben beschriebenen Probleme.

Bild Nr. 6



c) Korrosionsschutz

Jedes ungeschützte Metall hat eine Tendenz zur Oxydation.

Dieser Effekt tritt verstärkt auf unter speziellen Betriebsbedingungen wie:

- hohe Temperaturen
- erhöhte Feuchtigkeit
- Gegenwart chemischer aggressiver Stoffe

Oxydation stellt eine Bedrohung für die Kettenlebensdauer dar. Ein Schmierfilm auf der Oberfläche der Kettenkomponenten verhindert die Oxidation und Korrosion. Der Wirkungsgrad dieses Korrosionsschutzes kann durch Schmiermittel mit Korrosionsinhibitor verbessert werden.

d) Richtige Funktion der Kette

Jeder Benutzer will die Schmierprobleme durch Benützung von nur einem Schmiermittel lösen. Dieses kann nicht vollständig erreicht werden, da es zu viele unterschiedliche Einflüsse gibt. Der Grundparameter für Wahl des Schmiermittels ist die Betriebstemperatur der Kette.

Diese Betriebstemperatur kann man in vier Zonen eingeteilt werden :

- niedrige Temperatur – bis -40°C
- normale Temperatur – ab 15°C bis 110°C
- hohe Temperatur – ab 150°C bis 250°C
- sehr hohe Temperatur – über 250°C

Niedrige Temperatur (bis -40°C)

Hier ist es erforderlich, synthetische Schmiermittel mit der niedrigsten Viskosität einzusetzen. Oft ist es aber auch möglich, das Schmierproblem mit einem Dispersfett, das in einem geeigneten Lösungsmittel geschmolzen wird, zu lösen. In diesem Falle muß ein geeignetes Lösungsmittel benützt werden, damit der Schmierstoff zwischen Gelenkbolzen, Buchsen und Rollen eindringen kann.

Nach dem Verdampfen des Lösungsmittels verbleibt auf der Oberfläche der Kettenteile ein dünner Schmierfilm, der die Adhäsion und die Beständigkeit gegenüber mechanischer Wirkung der Medien aus der Umgebung erhöht.

Übliche Temperatur (bis 110° mit der Spitzen bis 150°)

Dieser Bereich umfasst die Betriebsbedingungen, die am Häufigsten anzutreffen sind. Hier empfehlen wir, kein Mineralöl zu benutzen. Für diesen Zweck sollten nur spezielle Kettenschmiermittel benutzt werden, die legiert sind oder Zusätze enthalten. Die Zusätze beschränken das Ölabtropfen und sie verbessern Kapillarität des Schmiermittels.

Hohe Temperatur (ab 150°C bis 250°C)

In diesem Temperaturintervall sind synthetische Öle erforderlich. Synthetische Öle haben höhere Wärmestabilität als Mineralöle und sie enthalten eine Kombination fester Pigmente auf Graphit- oder auf Disulfidbasis. Diese Zusätze sichern auch die Möglichkeit der Notschmierung und ermöglichen auch höhere Werte der Gelenkflächenpressung. Die Qualität des synthetischen Öls hängt von der Qualität der Zusätze und Aditive ab. Bei der Anwendung dieser synthetische Öle dürfen keine Ansätze an der Kette entstehen.

Sehr hohe Temperatur (über 250°C)

Bei dieser Temperatur dürfen keine flüssige Schmiermittel eingesetzt werden. In diesem Falle sind Suspensionen der festen Stoffe im synthetischen Lösungsmittel erforderlich. Das Lösungsmittel sichert nach der Verdampfung die Trockenschmierung.

8) Schmiersysteme

Von der geeigneten Schmierung des Kettentriebes hängt letzten Endes seine Lebensdauer ab. Die Wahl des richtigen Schmiermittels und Schmiersysteme bestimmen weiterhin seine Wirtschaftlichkeit.

Man verwendet bei Kettentrieben folgende Schmiersysteme :

- a) Zeitweises Schmieren mittels Ölkanne
- b) Zeitweises Schmieren durch Eintauchen in Öl
- c) Unterbrochene Schmierung durch Tropföler
- d) Tauchbad-Umlaufschmierung
- e) Ölstrahlschmierung mittels Pumpe
- f) Ölnebelschmierung

Am wenigsten geeignet ist die Schmierung der Kette mit der Ölkanne. Auf Grund dessen, daß dieses Verfahren keine Gewähr dafür bietet, daß sämtliche Gelenke durchgeschmiert sind, sollte es nur für weniger wichtige Einsatzgebiete in Betracht kommen. Besser ist das periodische Eintauchen der Kette in Öl. Sobald die Kette längere Zeit im Ölbad liegt, kann das Öl in alle Spielräume der Gelenke dringen. Für kleinere Geschwindigkeiten und Kraftübertragungen ist es vorteilhaft, den Tropföler anzuwenden. Bei höheren Geschwindigkeiten und Leistungen setzt man heute die Tauchschmierung ein. Sie gewährleistet eine gute Betriebssicherheit. Die günstigste Art der Schmierung ist der periodische Ölstoß auf das Kettenteil. Diese Art der Kettenschmierung kommt für höchste Geschwindigkeiten mit hohen Leistungen in Betracht. Die Wahl des für den jeweiligen Kettentrieb richtigen Schmiersystems und richtigem Öl muß nach Kettengeschwindigkeit und Flächenpressung erfolgen.

9) Reinigung der Kette

Perfekte Reinigung und Schmierung sind eine Grundvoraussetzung für richtige Funktion und Betrieb der Kette. Die Schmierung verliert seinen Nutzeffekt, falls die Kette voraus nicht gründlich gereinigt wird. Bei der Reinigung muß man unerwünschte Verunreinigungen und Ablagerungen entfernen um dadurch die Reibung der Kette zu senken. Zur Entfernung der Verunreinigungen und Ablagerungen werden geeignete Lösungsmittel eingesetzt. Diese Lösungsmittel müssen alle Produkte oder Stoffe auf Diesel oder Benzin Basis entfernen können. Nach der Reinigung müssen die Metalloberflächen trocken bleiben, was nicht mit Lösungsmittel auf Naphtabasis oder Petrolbasis erreicht werden kann. Diese Lösungsmittel hinterlassen auf den Metallflächen einen Fettfilm. Auf diesem hat die Schmierung eine Tendenz zu "schwimmen". Außerdem können bei hohen Temperaturen die Petrolreste im Schmiermittel Oxydationsprozesse verursachen oder beschleunigen. Die Reinigung der Kette wird immer als "kalte Reinigung" ausgeführt. Das Lösungsmittel wird mit dem Pinsel aufgetragen. Für den Fall, dass die Maschine nicht abgestellt werden kann, empfiehlt es sich, das verdünnte Schmiermittel mit dem Detergent zu applizieren.

10) Festigkeitsgrenze der Kette, Bruchbelastung

Die Festigkeitsgrenze der Kette ist in N (NEWTON) ausgedrückt. Sie ist der Wert zum Zeitpunkt des Kettenbruches. Die Katalogangaben beziehen sich auf Prüfungen, die bei der Umgebungstemperatur von etwa 20°C durchgeführt wurden. Nach ISO Normen ist vorgeschrieben, dass die Minimalbelastung beim Kettenbruch im Zug nicht niedriger sein soll als 95% des Wertes, welcher bei dem bestimmten Kettentypen festgelegt ist.

11) Wahl den Kettentyp in Abhängigkeit auf der Zugkraft

Die Zugkraft ist eine Kraft, welche zur Realisierung der Kettenbewegung, Bewegung der mechanischen Teile (die mit der Kette verbunden sind), einschließlich beförderter Ladung erforderlich ist.

Die Berechnung kann man in zwei Phasen aufteilen :

1. Vorläufige Phase – während dieser Phase bestimmt man ein Modell der Kette und schätzt die Masse der Kette und des Reibungskoeffizients.

2. Beglaubigungs Phase – in dieser Phase setzen wir für Masse und Reibungskoeffizient bekannte Werte identischer Ketten ein.

Bei Festsetzung der Zugkraft wirken folgende Faktoren mit:

- a) Masse des mit dem Förderer beförderten Materials
- b) Masse der Ketten und eventueller Tragelemente (Fördererleisten-leichte Mitnehmerelemente-Querträger, Quertrageelemente-Gelenke, Gelenkaufhängungen und ähnliches)
- c) Haftreibungszahl (Reibungszahl)
- d) Betriebskoeffizient in Abhängigkeit auf der Kettenbelastung und Betriebsstunden
- e) Geschwindigkeitsbeiwert
- f) Koeffizient der Aufwicklung
- g) Sicherheitskoeffizient und Gelenkflächenpressung

a) Masse des transportierten Materials = P_1 (kg)

Siehe Kapitel 2 “ Entwurf und Auswahl der Förderkette “.

b) Masse der Ketten = P (kg)

In der vorläufigen Berechnung ist die Masse der Ketten die vorläufige Masse des gesamten Kettenstrangs.

In der Beglaubigungsberechnung muß man mit tatsächlicher Masse die ganzen Kettenstränge rechnen.

c) Reibungskoeffizient = f_r

Der Reibungskoeffizient stellt den Wert dar, der die Kraft definiert, die zur Überwindung des Bewegungswiderstands zwischen zweier Teile, die sich berühren, erforderlich ist. Falls die Ketten mit der “ Flächenberührung “ auf den Schienen arbeiten, fällt hier Gleitreibung an “ f_r “.

Die Werte der Gleitreibung sind summarisch bezeichnet in der Tabelle Nr. 2.

Tabelle Nr. 2

Material der Kettenführungen	Reibungszahl " f_r " Trockene Oberfläche	Reibungszahl " f_r " Geschmierte Oberfläche
Stahlketten mit der Führung aus Hartholz	0,44	0,29
Stahlketten mit der Führung aus Stahl	0,30	0,20
Stahlketten mit der Grobführung, ungleicher Führung, oder mit der verrosteten Führung	0,35	0,25
Stahlketten mit der Führung aus Polyäthylen hohe Dichte und mit sehr große Molekulargewicht	0,18	0,05

Gleiten die Ketten auf den eigenen Rollen über die Schienen, so entstehen die Bedingungen für eine Kombination aus Gleit- und Rollreibung – “ f_v “.

Der Wert des Koeffizienten für Rollreibung für die vorläufige Berechnung $f_v = 0,2$,

$$f_v = C \cdot \frac{r}{R} + \frac{b}{R}$$

das bedeutet :

C = Reibungskoeffizient (Koeffizient der Gleitreibung zwischen der Kettenbuchse und der Kettenrolle)

Die Werte des “ C “ sind in der folgenden Tabelle Nr. 3 .

Tabelle Nr. 3

<i>Flächenberührung zweier Körper</i>	<i>Ohne Schmierung " C "</i>	<i>Mit Schmierung " C "</i>
Stahlrolle mit Stahlbuchse	0,25	0,15
Stahlrolle mit Bronzefuchse	-	0,13
Polyamidrolle mit Stahlbuchse	0,15	0,10

r = Außendurchmesser der Buchse (mm)

R = Außendurchmesser der Rolle (mm)

b = Experimentalkoeffizient, abhängig von den charakteristischen Eigenschaften zweier Materialien sind, die miteinander im Kontakt sind, und von

der Bearbeitungsstufe ihrer Kontaktflächen

b = 0,5 für Stahlrolle auf Stahlführung mit glatter Oberfläche

b = 1,0 für Stahlrolle auf Stahlführung mit rauher Oberfläche

Wichtig :

Am Anfang der Bewegung können die Werte des Reibungskoeffizienten 1,5 bis 3 mal höhere sein als die Werte der Bewegungsreibung. Im diesem Falle ist es gilt folgende Regel: Für die richtige Rollbewegung der Kettenrolle muß ihr Außendurchmesser wenigstens 2,5 mal größer sein als der Außendurchmesser der Buchse.

d) Betriebskoeffizient = Fs

Dabei handelt es sich um den Korrektionskoeffizient der Zugkraft. Dieser Korrektionskoeffizient appliziert sich auf der Zugkraft, er hängt von den Bedingungen und Betriebscharakteristik der Förderer ab.

Folgende Tabelle zeigt die Werte der Betriebskoeffizienten " Fs " in üblichen Applikationen.

Tabelle Nr. 4

<i>Betriebsbedingungen</i>	<i>Fs</i>
<i>Lage der Ladung</i>	
- gemittet	1,0
- ungemittet	1,5
<i>Charakteristiken der Materialbelastung</i>	
- gleichmäßige: Auftreten der Kettenüberlastung von weniger als 5%	1,0
- mit mäßigen Änderungen, Schwankungen: Auftreten der Kettenüberlastung 5-20%	1,2
- mit großen Änderungen: Auftreten der Kettenüberlastung 20-40%	1,5
<i>Anlauffrequenz – Abstellen unter Belastung</i>	
- weniger als 5 mal pro Tag	1,0
- 5 mal pro Tag bis 2 mal pro Stunde	1,2
- häufiger als 2 mal pro Stunde	1,5
<i>Arbeitsumgebung</i>	
- relativ rein	1,0
- mittelstaubig, oder schmutzig	1,2
- feucht, sehr schmutzig, oder korrosiv	1,3
<i>Betriebsstundenzahl pro Tag</i>	
- bis 10	1,0
- bis 24	1,2

e) Geschwindigkeitskoeffizient = Fv

Dabei handelt es sich um einen Korrektionskoeffizient, der auf der Zugkraft basiert. Dieser Korrektionskoeffizient hängt von der Geschwindigkeit der fortschreitenden Bewegung der Kette im Verhältnis zur Zähnezah der Triebäder und Leitäder ab. – siehe folgende Tabelle.

Tabelle Nr. 5

Geschwindigkeit m/min.	Zähnezah des Zahnrades						
	6	7 – 8	9 - 10	11 - 12	13 - 16	17 – 20	21 – 24
3,0	0,9	0,8	0,8	0,8	0,7	0,7	0,7
7,5	1,0	0,9	0,8	0,8	0,8	0,8	0,7
15,0	1,4	1,0	0,9	0,9	0,8	0,8	0,8
30,0	2,0	1,3	1,1	1,0	0,9	0,9	0,8
60,0	4,4	2,0	1,4	1,2	1,1	1,0	0,9

f) Koeffizient der Aufwicklung = Fa

Dabei handelt es sich um den Korrektionskoeffizient der Zugkraft, der sich in Abhängigkeit des Reibungswiderstandes beim Aufwickeln der Ketten auf dem Trieb- und Leitrad vergrößert.

Fa = 1,05 für die Räder mit der Bronzebüchse.

Fa = 1,03 für die Räder mit dem Lager.

Koeffizient " Fa " hat in den folgenden Elementarberechnungen nur einen vernachlässigbar geringen Einfluß und wird deshalb ausser Acht gelassen.

g) Sicherheitsfaktor und Flächenpressung

Für die richtige Auslegung der Kette muß man eine zulässige Beanspruchung der Konstruktionsmaterialien prüfen. Schon bei der Arbeitsbelastung, die 2/3 Bruchbelastung der Kette entspricht, werden die Materialien über die Grenze "bleibende Formänderung" (0,2 % Dehnung) hinaus beansprucht. Aus diesem Grund empfehlen wir, dass die Bruchbelastung 8 mal höher als die Maximalzugkraft gewählt wird. Dieses Verhältnis nennen wir als " Sicherheitsfaktor ".

Bei sehr schweren Betriebsbedingungen ist es schwierig, die Zugkräfte, ihre Änderungen und Schwankungen festzustellen. Deshalb ist es notwendig, entsprechende Sicherheitsfaktoren einzuplanen. Zur Festlegung der geeigneten Sicherheitsfaktoren stehen wir Ihnen gerne zur Verfügung.

Nach der Festlegung des geeigneten Kettentyps für die vorgegebene Beförderungsweise empfehlen wir, die Werte der Flächenpressung zwischen Rollen und Buchsen und zwischen Buchsen und Bolzen zu überprüfen. Dieses ist besonders dann wichtig, wenn es sich um solche Belastungen handelt, die auf eine kleinere Fläche des Förderers konzentrieren. Bei diesen speziellen Belastungsbedingungen und spezifischer Anwendung ist die Berechnung der Zugkraft für die Festlegung des Kettentyps nicht ausreichend. In dem Fall, daß die Werte einer Flächenpressung die erlaubten Grenzen (siehe Tabelle 6,7) überschreiten, muß eine Kette gewählt werden, die eine größere Kontaktfläche zwischen Rollen, Buchsen und Bolzen hat. Dadurch werden die Werte der Flächenpressung gesenkt.

Berechnung der Gelenkflächenpressung:

$$a) \text{ Flächenpressung auf der Rolle } = \frac{P}{L \cdot Dr} \quad (\text{MPa})$$

$$b) \text{ Flächenpressung auf dem Gelenkbolzen } = \frac{T}{Lb \cdot Dp} \quad (\text{MPa})$$

Hierin bedeutet :

P = Belastung (N) , die jede Rolle überträgt

T = Effektive Zugkraft, die an der Kette wirkt (N)

L = Länge des Lochs in der Rolle (mm)

Lb = Gesamtlänge der Büchse (mm)

Dr = Lochdurchmesser in der Rolle (mm)

Dp = Außendurchmesser des Gelenkbolzens (mm)

Maximal zulässige Flächenpressungen

Tabelle Nr. 6

<i>Materialien, die im Kontakt sind</i>		<i>Maximale Flächenpressung</i>
<i>Buchse</i>	<i>Gelenkbolzen</i>	<i>MPa</i>
Zementierter Stahl	Zementierter Stahl	25,0
Zementierter Stahl	Vergüteter Stahl	21,0
Gusseisen	Zementierter Stahl	17,5
Nichtrostender Stahl	Nichtrostender Stahl	12,0
Bronze	Zementierter Stahl	10,0

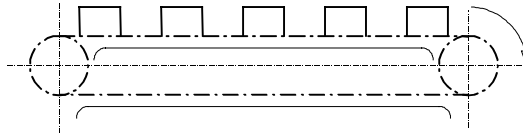
Tabelle Nr. 7

<i>Materialien, die im Kontakt sind</i>		<i>Maximale Flächenpressung</i>
<i>Rolle</i>	<i>Buchse</i>	<i>MPa</i>
Zementierter Stahl	Zementierter Stahl	10,0
Vergüteter Stahl	Zementierter Stahl	10,0
Gusseisen	Zementierter Stahl	7,0
Bronze	Zementierter Stahl	6,0
Polyäthylen	Zementierter Stahl	1,0
Nichtrostender Stahl	Nichtrostender Stahl	4,0
Gusseisen	Bronze	2,8

Die Formeln für die Zugkraftberechnung des Förderers

a) Horizontalförderer – Gleitführung

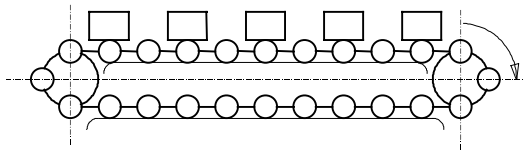
Bild Nr. 7



$$T = 9,81 \cdot \frac{(P + P1) \cdot fr \cdot Fs \cdot Fv}{\text{Kettenzahl}} \quad (\text{N})$$

b) Horizontalförderer – mit Führungsrollen

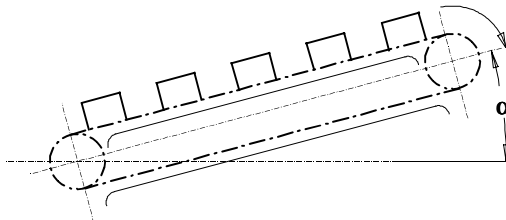
Bild Nr. 8



$$T = 9,81 \cdot \frac{(P + P1) \cdot fv \cdot Fs \cdot Fv}{\text{Kettenzahl}} \quad (\text{N})$$

c) Schrägförderer – Gleitführung

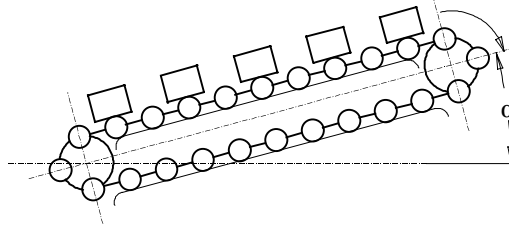
Bild Nr. 9



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

d) Schrägförderer – mit Führungsrollen

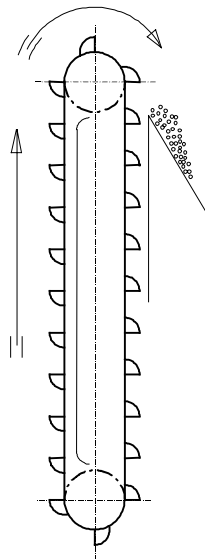
Bild Nr. 10



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

e) Senkrechtförderer

Bild Nr. 11



$$T = 9,81 \cdot \frac{(P/2 + P1) \cdot Fs \cdot Fv}{\text{Kettenzahl}} \quad (\text{N})$$

Für andere Lösungen, die mit den Lösungen auf den Bildern nicht vergleichbar sind, müssen andere Berechnungen und Methoden herangezogen werden.

Berechnungsmethode der Zugkraft für den Kratzerförderer

Für die Zugkraftberechnung der Trogketten benötigen wir außerdem schon bekannten Messgrößen noch folgende weitere Faktoren:

f_m = Reibungskoeffizient zwischen dem beförderten Material und den Wänden der Förderrinne – siehe Tabelle Nr.8

L = Führungslänge des Förderers (m)

Q = Befördertemenge des Materials (T/h)

H = Höhe der Förderrinne (m)

B = Breite der Förderrinne (m)

β = Füllgrad in der Förderrinne - 0,5 -0,6

γ = Spezifische Masse des beförderten Materials (T/m³) – siehe Tabelle Nr.8

v = Bewegungsgeschwindigkeit der Kette (m/sec.)

Tabelle Nr. 8

<u>Befördertes Material</u>	** Spezifische Masse γ (T/m ³)	** Reibungskoeffizient f_m
Hafer	0,45	0,7
Getreide	0,75	0,4
Mais	0,80	0,4
Gerste (trocken)	0,45	0,7
Korn	0,65	0,4
Reis	0,75	0,4
Leinsamen	0,70	0,4
Malz (Trocken)	0,40	0,4
Getreidemehl	0,70	0,4
Maismehl	0,65	0,4
Raffinierte Zucker (pulverig)	0,80	0,5
Zement	1,00	0,9
Anthrazitkohle (stückig)	0,70 - 0,90	0,4
Kokskohle	0,50	0,7
Lehm (trocken)	1,60	0,7
Asche	0,60	0,6
Zementschotter	1,30	0,8

** Orientierungswerte

a) Horizontaler Kratzbandförderer – Gleitführung

Bild Nr. 12



$$T = 9,81 \cdot \frac{(P \cdot f_r + P_1 \cdot f_m) \cdot F_s \cdot F_v}{\text{Kettenzahl}} \quad (\text{N})$$

oder

$$T = 9,81 \cdot \frac{[(P \cdot f_r) + L \cdot (\frac{Q}{3,6 \cdot v} \cdot f_m)] \cdot F_s \cdot F_v}{\text{Kettenzahl}} \quad (\text{N})$$

P₁ kann man nach folgender Formel ermitteln :

$$P_1 = H \cdot B \cdot L \cdot \beta \cdot \gamma \cdot 1000 \quad (\text{kg})$$

oder

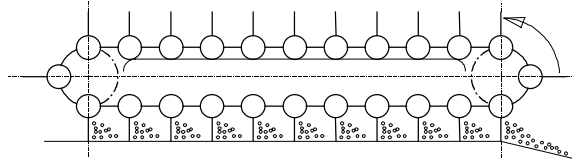
$$P_1 = L \cdot \frac{Q}{3,6 \cdot v} \quad (\text{T})$$

wo ist

$$Q = H \cdot B \cdot \beta \cdot \gamma \cdot v \cdot 3600 \quad (\text{T/h})$$

b) Horizontaler Kratzbandförderer – mit Führungsrollen

Bild Nr. 13



$$T = 9,81 \cdot \frac{(P \cdot fv) + (P1 \cdot fm) \cdot Fs \cdot Fv}{\text{Kettenzahl}} \quad (\text{N})$$

oder

$$T = 9,81 \cdot \frac{[(P \cdot fv) + L \cdot (\frac{Q}{3,6 \cdot v} \cdot fm) \cdot Fs \cdot Fv]}{\text{Kettenzahl}} \quad (\text{N})$$

P1 kann man nach folgender Formel ermitteln :

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

oder

$$P1 = L \cdot \frac{Q}{3,6 \cdot v} \quad (\text{T})$$

wo ist

$$Q = H \cdot B \cdot \beta \cdot \gamma \cdot v \cdot 3600 \quad (\text{T/h})$$

Berechnung der übertragenen Antriebsleistung

Nach der Ermittlung der Gesamtzugkraft des Förderers empfehlen wir für die Berechnung der Antriebsleistung folgende Methode:

$$Mt = \frac{9550 \cdot N}{n} = \frac{T \cdot dp}{2000} \quad (\text{Nm})$$

$$N = \frac{T \cdot v}{1000} = \frac{Mt \cdot n}{9550} \quad (\text{kW})$$

Mt = Drehmoment (Nm)

N = Antriebsleistung (kW)

n = Drehzahl des Treibrades des Förderers pro Minute (1/min.)

T = Zugkraft (N)

dp = Teilkreisdurchmesser des Triebrades (m)

v = Bewegungsgeschwindigkeit der Kette (m/sec.)

aus beiden Formeln kann man ableiten :

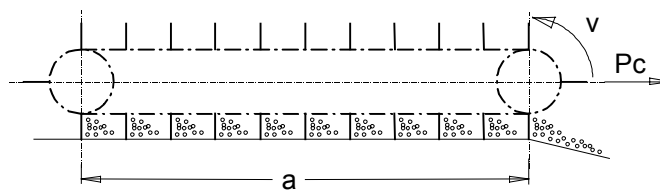
$$T = \frac{1000 \cdot N}{v} = \frac{2000 \cdot Mt}{dp} \quad (\text{N})$$

Die berechnete theoretische Antriebsleistung wird vom mechanischen Wirkungsgrad der Bewegungsübertragung beeinflusst. (Motore-Reduktionsgetriebe-Riemen u.s.w.)

12) Berechnungsbeispiel und Wahl der Förderkette

Für den horizontalen Trogkettenförderer soll eine Trogförderkette ausgewählt werden :

Grunddaten :	
Fördermaterial	Braunkohle
Förderstrecke	30 m
Förderkapazität	40 T/h
Förderrinne – Breite	350 mm
– Höhe	250 mm
Anzahl der Kettenstränge	1
Zähnezahl	9 (gewählt)
Art der Belastung	gleichmäßig



1. Förderkapazität Q

Der Trogkettenförderer soll 40 Tonnen in einer Stunde befördern.

$$Q = 40 \text{ T/h}$$

2. Kettengeschwindigkeit v

berechnen wir aus der Formel :

$$Q = H \cdot B \cdot \beta \cdot \gamma \cdot v \cdot 3600 \quad (\text{T/h})$$

$$v = \frac{Q}{H \cdot B \cdot \beta \cdot \gamma \cdot 3600} = \frac{40}{0,25 \cdot 0,35 \cdot 0,6 \cdot 0,7 \cdot 3600} = 0,3 \text{ m/sec.}$$

$\beta = 0,6$ (Füllgrad) – gewählt

$\gamma = 0,7$ (Schüttgewicht) – gewählt aus der Tabelle Nr. 8

3. Belastung der Förderkette durch das beförderte Material P_1

$$P_1 = a \cdot \frac{Q}{3,6 \cdot v} = 30 \cdot \frac{40}{3,6 \cdot 0,3} = 1111 \text{ kg} \sim 10900 \text{ N}$$

4. Wahl der geeigneten Kette

Mit Rücksicht auf die Kettenbelastung durch das beförderte Material P_1 und die Sicherheit gegen Bruch der Kette $k = 7$, muß die gewählte Kette folgende Bruchkraft haben :

$$F_B = P_1 \cdot k = 10900 \cdot 7 = 76300 \text{ N}$$

Dem entspricht die Kette nach DIN 8167 (ISO 1977) **MRC 80 mit Teilung $p = 125 \text{ mm}$.**

5. Masse der Kette **P**

Dem gewählten Kettentyp hat das Gewicht **q = 6,5 kg/m**

Gesamtgewicht der Kette wird wie folgt ermittelt:

$$d_t = \frac{p}{\sin \frac{180^\circ}{Z}} = \frac{125}{\sin \frac{180^\circ}{9}} = 367,6 \text{ mm} \sim 0,368 \text{ m}$$

$$L = 2 \cdot a + \pi \cdot d_t = 2 \cdot 30 + \pi \cdot 0,368 = 61,16 \text{ m}$$

$$P = L \cdot q = 61,16 \cdot 4,5 = 275 \text{ kg}$$

6. Reibungskoeffizient **fr**

Die Kette bewegt sich auf Gleitschienen, die nicht geschmiert sind. Aus der Tabelle Nr. 2 wählen wir **fr = 0,3**.

7. Betriebskoeffizient **Fs**

Dieser Koeffizient bestimmt sich aus der Tabelle Nr. 4 nach verschiedenen Kriterien :

Lage der Ladung	Fs = 1,0
Materialbelastung – kleine Abweichungen	Fs = 1,2
Anlaufrequenz – mehr als 5 mal pro Tag	Fs = 1,2
Arbeitsumgebung – relativ staubig	Fs = 1,2
Betriebsstundenzahl – bis 10 Stunden	Fs = 1,0
Betriebskoeffizient	Fs = 1,73

8. Bestimmung des Geschwindigkeitskoeffizienten **Fv**

Für **v = 0,3 m/sec.** und Zähnezahl des Zahnrades **Z = 9** wählen wir aus der Tabelle Nr. 5.

$$Fv = 0,8$$

9. Reibungskoeffizient **fm**

Er äußert den Einfluss der Reibung des Materials in der Förderrinne.

Aus der Tabelle Nr.8 für gegebenes Material ist **fm = 0,7**

10. Berechnung der Zugkraft **T**

$$T = 9,81 \cdot \frac{(P \cdot fr + P1 \cdot fm) \cdot Fs \cdot Fv}{\text{Kettenzahl}} = 9,81 \cdot \frac{(275 \cdot 0,3 + 1111 \cdot 0,7) \cdot 1,73 \cdot 0,8}{1} = 11\,679 \text{ N}$$

11. Antriebsleistung **N**

$$N = \frac{T \cdot v}{1000} = \frac{11\,679 \cdot 0,3}{1000} = 3,5 \text{ kW}$$

12. Gelenkflächenpressung **pt**

$$p_t = \frac{T}{f} = \frac{11\,679}{468} = 24,96 \text{ MPa} < 25 \text{ MPa} \text{ (für Tabelle Nr. 6)}$$

Für die Förderkette MRC 80 x 125 ist die Gelenkfläche **f = 468 mm²**.

Die berechnete Gelenkflächenpressung ist niedriger, als die zulässige Flächenpressung aus der Tabelle Nr.6.

Die gewählte Förderkette entspricht MRC x 125.

13) Kettenräder

Für die Kettenlebensdauer ist selbstverständlich auch die richtige Radkonstruktion und Art der Kettenradverzahnung entscheidend. Für die regelmäßige und richtige Funktion des Förderers sind folgende Grundsätze einzuhalten :

- Zur Senkung der Beanspruchung an der Kettengelenke und Senkung der Polygonwirkung soll man nur die Kettenräder mit dem größten Durchmesser benützen.
- Die Triebräder müssen am Austrittsende des Förderers aufgestellt sein, besonders bei der komplizierten Ausführung des Förderers. (z.B. – die Anlagen mit den Wännchen, mit den Räumen für die Gärung oder Austrocknung)
- Soweit der Förderer zwei oder mehr vereinigte Ketten hat, müssen die Zähne der Triebzahnrad in der gleichen Linie sein. Die Leiträder müssen gegenüber Triebzahnrad frei sein.

Für die Berechnung eines Teilkreisdurchmessers, Kopfkreisdurchmesser und Fußkreisdurchmessers des Zahnrades kann man folgende Formeln benützen :

$$D_p = \frac{P}{\sin \frac{180^\circ}{Z}} \quad (\text{mm})$$

Hierin bedeutet :

- D_p = Teilkreisdurchmesser (mm)
- D_e = Kopfkreisdurchmesser (mm)
- D_i = Fußkreisdurchmesser (mm)
- P = Kettenteilung (mm)
- Z = Zähnezahl des Kettenrades
- D = Rollendurchmesser (mm)

$$D_e = D_p + (0,55 \div 0,8) \cdot D \quad (\text{mm})$$

$$D_i = D_p - D \quad (\text{mm})$$

falls wir in der folgenden Formel :

$$D_p = \frac{P}{\sin \frac{180^\circ}{Z}} \quad \text{um} \quad \sin \frac{180^\circ}{Z} \quad \text{den Wert} \quad \frac{l}{n} \quad \text{einsetzen,}$$

" n " ist eine Konstante. (siehe Tabelle Nr. 9), erhalten wir folgende Formel :

$$P = \frac{l}{n} = P \cdot n \quad (\text{mm})$$

Tabelle Nr.9

<i>Zähnezahl</i>	<i>Konstante</i>	<i>Zähnezahl</i>	<i>Konstante</i>	<i>Zähnezahl</i>	<i>Konstante</i>
6	2,000	21	6,709	36	11,474
7	2,305	22	7,027	37	11,792
8	2,613	23	7,344	38	12,110
9	2,924	24	7,661	39	12,428
10	3,236	25	7,979	40	12,746
11	3,549	26	8,296	41	13,063
12	3,864	27	8,614	42	13,382
13	4,179	28	8,931	43	13,700
14	4,494	29	9,249	44	14,018
15	4,810	30	9,567	45	14,336
16	5,126	31	9,885	46	14,654
17	5,442	32	10,202	47	14,972
18	5,759	33	10,520	48	15,290
19	6,076	34	10,838	49	15,608
20	6,392	35	11,156	50	15,926

14. Schlussfolgerung

Die Benutzung des Kettentriebes ist mit vielen Problemen und Aspekten verbunden. Es ist daher notwendig, alle Faktoren zu berücksichtigen und in die Auslegung einzubeziehen. Die vorstehenden Hinweise und Berechnungen können nicht allen möglichen Aspekten gerecht werden, sie sollen nur die grundsätzliche Problematik klarstellen und Lösungsmöglichkeiten aufzeigen. Aufgrund der vielschichtigen Einflussgrößen ist eine Überprüfung der endgültigen Auslegung unabhängig von den vorgegebenen Tabellen sinnvoll.

Kapitel K - RICHTIGE BEZEICHNUNG DER KETTE BEI DER BESTELLUNG

Um eine mangelhaften Interpretation und Unklarheiten zu vermeiden, empfehlen wir, bei der Bestellung eine vollständige technische Nomenklatur und die gleiche Terminologie zu benutzen.

Typ der Kette

a) Normalerweise wird ein Kettentyp durch die "Kettensnummer" festgelegt. Die Kettensnummer charakterisiert alle Messwertabmessungen, Teilung, innere Breite, Rollendurchmesser u.ä..

Beispiel :

Rollenkette, Bestellnummer – **318 111 179 000** – Kennzeichnung der Kette – ISO Nr. – **24B – 1**

b) Bei den Förderketten, die nach DIN 8167 hergestellt sind, muß man außer dem Kettentyp auch die Ausführung der Förderkette näher spezifizieren. Für diese Kennzeichnung benutzen wir die Buchstaben des Alphabets (z.B. Lösung mit Buchse (B), mit verschiedenen kleinen oder großen Rollen (S), (P) oder mit Bundrollen (F)). Neben Buchstaben legen wir die Ketten- teilung mit Nummern fest, da der gleiche Typ der Förderkette in verschiedenen Teilungen hergestellt werden kann.

Beispiel :

Typ der Förderkette – **S – M112 – 100**

Hierin bedeutet : Die Kette nach ISO Nr. M112 , kleine Rolle (S) mit der Teilung 100 mm

c) Spezielle Ketten, die im Katalog nicht aufgeführt sind, klassifizieren wir in der Bestellung durch folgende Daten :

- Teilung
- innere Breite
- Rollendurchmesser
- Zeichnungsnummer

Beispiel :

Förderkette mit der Teilung 125 x 15 x Ø38 , laut der Zeichnungsnummer 61085

d) Weitere Anforderungen für die Ausführung der Kette müssen in der Bestellung präzisieren werden.

Beispiel :

- a) Rollenkette, Bestellungsnummer 318 111 179 000 – ISO Nr. 24B – 1 – verzinkt
- b) Rollenkette, Bestellungsnummer 318 111 179 000 – ISO Nr. 24B – 1 mit Rollen Ø30 mm

Typ des Mitnehmers

Der Typ des Mitnehmers kann mit folgenden charakteristischen Daten definiert werden:

- a) nach den Mitnehmerstabellen für verschiedene Type der Förderketten
- b) nach den Abmessungen des Mitnehmers
- c) in den speziellen Fällen nach der Detailzeichnung

Für eine vollständige Spezifikation der Mitnehmerförderketten müssen weitere Angaben z.B. Lage des Mitnehmers, Anzahl und Anbringung der Löcher u.ä. festgelegt werden.

Dieses geschieht durch folgende Symbolen:

- A = gebogene Mitnehmer einseitig
- B = gerade Mitnehmer einseitig
- K = gebogene Mitnehmer beidseitig
- MK = gerade Mitnehmer beidseitig

- 1 = Mitnehmer mit einem Loch
- 2 = Mitnehmer mit zwei Löchern
- 3 = Mitnehmer mit drei Löchern

- 01 = Mitnehmer auf allen Teilungen
- 02 = Mitnehmer auf jeder zweiten Teilung
- 03 = Mitnehmer auf jeder dritten Teilung

Oben angeführte Beispiele ergänzen eine Typkennzeichnung der Förderkette mit Mitnehmern wie im folgenden **Beispiel** :

a) Förderkette Typ – S – M112 – 100 / A2 – 3 bedeutet :

Die Kette M Reihe mit einseitigem Mitnehmer auf jeder dritten Teilung, mit zwei Löchern im Mitnehmer.

Spezielle Mitnehmer, oder andere Mitnehmerelemente, die in dem Katalog aufgeführt sind, unterliegen den gleichen Klassifikationskriterien. In der Bestellung ist immer ein Hinweis auf die zugehörige Zeichnungsnummer anzuführen.

b) Förderkette Typ KU 45 / K1 – 02 nach der Zeichnungsnummer 318 651 045 303

Bei dem Mitnehmer mit den Teilungsintervallen nach 02 – 04 – 08 u.ä, setzt man voraus, daß die Mitnehmer auf den äußeren Gliedern der Kette eingebaut werden. Es ist deshalb erforderlich, dass das in der Bestellung mit "an äußeren Gliedern" bezeichnet wird.

Bitte nehmen sie mit uns direkten Kontakt auf, damit wir eventuelle Probleme auf dem Gebiet der Gelenkketten oder andere Fragen mit Ihnen zur beiderseitiger Zufriedenheit lösen können.