

4 Die Grundlagen

4.1 Aufbau einer Förderkette

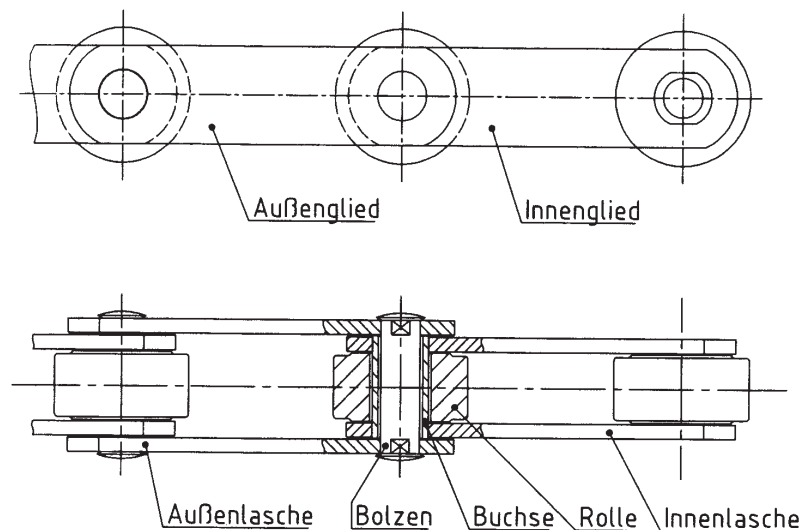


Abb. 1: Aufbau einer Förderkette

Laschen	werden entweder aus Stahl nach DIN 17100 bzw. DIN 17200 mit mindestens 600 N/mm ² Zugfestigkeit oder aus rost- oder hitzebeständigem Stahl hergestellt. Um die Dauerfestigkeit zu erhöhen, wird die Oberfläche durch Kugelstrahlen kaltverfestigt. Gegebenenfalls wird eine Wärmebehandlung und/oder eine Oberflächenveredelung durchgeführt.
Bolzen	werden entsprechend ihrer Beanspruchung auf Verschleiß, Biegung und Abscherung aus Einsatzstahl nach DIN 17210 bzw. Vergütungsstahl nach DIN 17200 gefertigt. Um hohe Oberflächenhärte und große Zähigkeit des Bolzenkernes zu erreichen, werden die Bolzen zusätzlich wärmebehandelt. Dabei werden die Verfahren Einsatzhärten, Vergüten und Randschichthärten angewendet.
Buchsen	werden auf Verschleiß, Biegung und Flächenpressung beansprucht. Als Werkstoff kommt vorwiegend Einsatzstahl zur Anwendung. Sie werden, wie die Bolzen, zur Verbesserung der Werkstoffeigenschaften wärmebehandelt.
Schonrollen	werden auf Verschleiß und Schlag beansprucht. Sie werden aus Einsatz- oder Vergütungsstahl mit entsprechender Wärmebehandlung gefertigt.
Laufrollen / Bundlaufrollen	unterliegen einer hohen Verschleißbeanspruchung. Es kommt Einsatzstahl oder randschichthärtbarer Vergütungsstahl zur Anwendung. Die Lauffläche wird in der Regel gehärtet. Die Lagerfläche wird entweder gehärtet oder es werden Gleit- bzw. Wälzlager eingesetzt. Als Gleitlager können besonders verschleißfeste Buchsen, Sinterlager, wartungsarme Gleitlager, Kunststoffbuchsen usw. verwendet werden. Als Wälzlager finden hauptsächlich Rillenkugellager, Zylinderrollenlager oder Nadellager Verwendung. Gleit- und Wälzlager werden auch dann verwendet, wenn die Zugkraft der Förderkette möglichst gering gehalten werden muss.
Mitnehmer- / Befestigungsglieder	sind Kettenglieder, an denen Befestigungs- oder Mitnehmerelemente angeschraubt bzw. angeschweißt sind. Sie werden auch als kompakte Teile gefertigt. Die Gestaltung dieser Glieder richtet sich speziell nach der Art des zu fördernden Gutes.

Bei außergewöhnlichen Einsatzfällen, wie Hoch- bzw. Tieftemperaturen, Wasser oder aggressiven Medien, wählen wir für die Einzelteile einer Förderkette die hierfür geeigneten Werkstoffe aus. Bei der Herstellung unserer Förderketten legen wir größtes Augenmerk auf drei wesentliche Qualitätsmerkmale:

- | | |
|---|--|
| <ul style="list-style-type: none">• hohe Teilungsgenauigkeit | zur Gewährleistung einwandfreier Eingriffsverhältnisse zwischen Kette und Kettenrad, |
| <ul style="list-style-type: none">• genaue Presssitzverbindungen | zwischen Bolzen und Laschen bzw. Buchsen und Laschen, damit ein möglichst großer Widerstand gegen seitlich auftretende Kräfte besteht, |
| <ul style="list-style-type: none">• exaktes Gelenkspiel | dem Anwendungsfall angepasst, als Voraussetzung für geringen Verschleiß und eine lange Lebensdauer. |

4.2 Schmierung einer Förderkette

Die Glieder einer Förderkette sind durch die Gelenkelemente Bolzen und Buchse miteinander verbunden. Bei der Umlenkung der Kette über das Kettenrad entsteht zwischen Bolzen und Buchse eine oszillierende Bewegung. Damit sind Energieverluste, Verschleiß und störende Betriebsgeräusche verbunden. Diesen unangenehmen und die Lebensdauer negativ beeinflussenden Eigenschaften wird durch eine den Betriebsbedingungen angepasste Schmierung entgegengewirkt. Gleichzeitig wird die Korrosion der Förderkette klein gehalten. Die Förderketten sind werkseitig mit einer Erstschnierung und gleichzeitigem Korrosionsschutz versehen. Vom Anwender ist unbedingt eine turnusmäßige Nachschmierung vorzunehmen.

Es ist zu beachten, dass die Kette in Abhängigkeit von der Schmiermethode zu reinigen ist. Dabei muss darauf geachtet werden, dass ein ausreichender Korrosionsschutz erhalten bleibt.

Gegebenenfalls werden Förderketten konstruktiv so gestaltet, dass ein Nachschmieren über Schmierrippel und Schmierbohrungen möglich ist. Auch automatische Schmiersysteme sind bei Förderanlagen mit Förderketten gebräuchlich. Sie haben den Vorteil, dass ein unvorhergesehener Trockenlauf vermieden wird und eine optimale Schmierstoffdosierung erfolgen kann.

Die Auswahl des Kettenschmierstoffes ist von den Betriebsbedingungen der Förderanlage und den Erfordernissen des Fördergutes abhängig. Hauptmerkmale zur Auswahl eines geeigneten Schmierstoffes sind:

- Temperatur der Umgebung
- Belastung der Förderkette
- Fördergeschwindigkeit
- Aggressivität und Aggregatzustand der Umgebungsmedien
- Erfordernis zur Notlaufeigenschaft
- Eignung zur vorgesehenen Schmiermethode

4.3 Kinematik des Kettentriebes

4.3.1 Polygonwirkung

Beim Umlauf der Kette über das Kettenrad entstehen Geschwindigkeitsschwankungen dadurch, dass die Kette nicht die Bahn des Teilkreises beschreibt, sondern ein Polygon bildet. Dabei bewegt sie sich in Richtung Kettenradmitte, wodurch bei gleichförmiger Drehbewegung die Ketten-geschwindigkeit vermindert wird (Polygoneffekt).

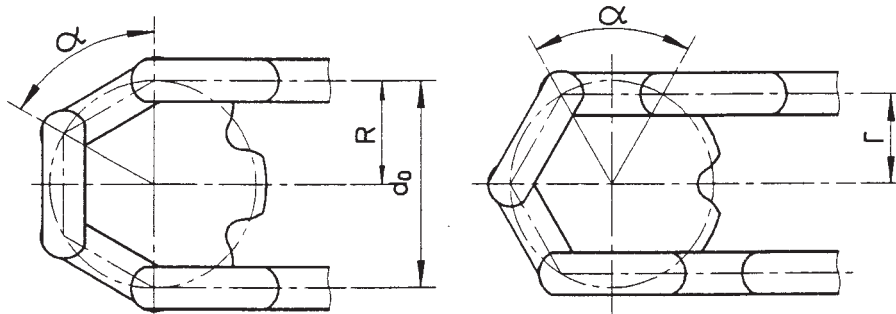


Abb. 2: Polygonwirkung

$$V_{\max} = \frac{d_0 \cdot \pi \cdot n}{60 \cdot 1000} \left[\frac{\text{m}}{\text{s}} \right]$$

$$V_{\min} = \frac{d_0 \cdot \cos \alpha \cdot \pi \cdot n}{60 \cdot 1000} \left[\frac{\text{m}}{\text{s}} \right]$$

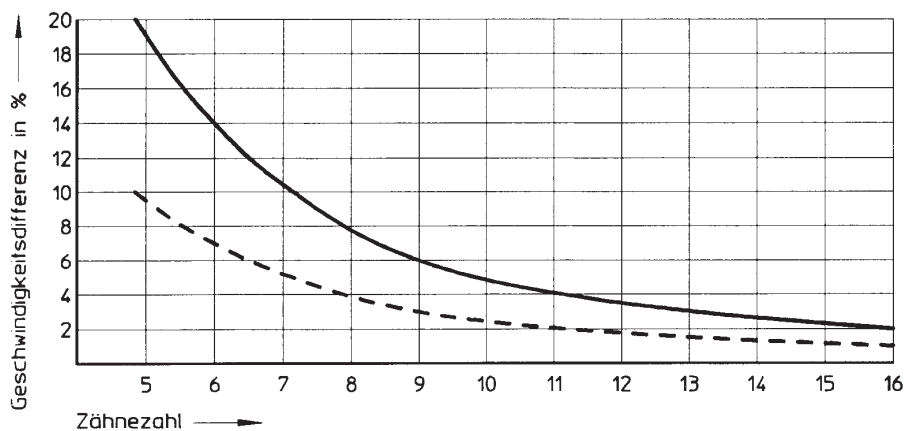


Abb. 3: Geschwindigkeitsdifferenz in Abhängigkeit von der Zähnezahl

4.3.2 Geschwindigkeitsschwankungen in Abhängigkeit von der Zähnezahl

Bei Förderketten mit außenlaufenden Rollen kann die Kettenführung beidseitig bis zur Kettenradmitte ausgeführt und dadurch die Geschwindigkeitsdifferenz um 50% verringert werden. Dadurch wird auch die Einlaufgeschwindigkeit des Kettengelenkes in die Zahn-lücke bis auf 0

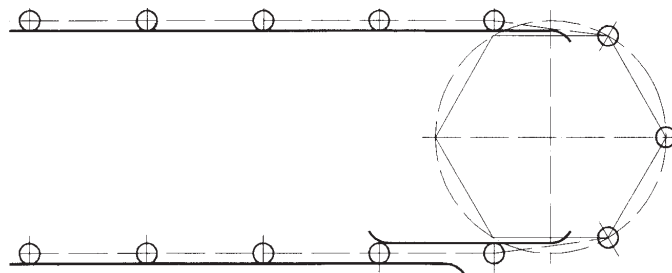


Abb. 4: Maßnahmen zur Reduzierung der Geschwindigkeitsdifferenz

4.3.3 Teilkreisdurchmesser des Kettenrades

$$d_0 = \frac{p}{\sin\left(\frac{180^\circ}{z}\right)} \text{ [mm]} \quad p = \text{Teilung} \quad \text{oder} \quad d_0 = p \cdot n$$

z	n	z	n	z	n	z	n	z	n	z	n
6	2,0000	16	5,1258	26	8,2962	36	11,4737	46	14,6536	56	17,8347
7	2,3048	17	5,4422	27	8,6138	37	11,7916	47	14,9717	57	18,1529
8	2,6131	18	5,7588	28	8,9314	38	12,1096	48	15,2898	58	18,4710
9	2,9238	19	6,0755	29	9,2491	39	12,4275	49	15,6079	59	18,7892
10	3,2361	20	6,3925	30	9,5668	40	12,7455	50	15,9260	60	19,1073
11	3,5495	21	6,7095	31	9,8845	41	13,0635	51	16,2441	61	19,4255
12	3,8637	22	7,0267	32	10,2023	42	13,3815	52	16,5622	62	19,7437
13	4,1786	23	7,3439	33	10,5201	43	13,6995	53	16,8803	63	20,0618
14	4,4940	24	7,6613	34	10,8380	44	14,0175	54	17,1984	64	20,3800
15	4,8097	25	7,9787	35	11,1558	45	14,3356	55	17,5166	65	20,6982

Tab. 1: Faktor n

z \ p	p										
	40	50	63	80	100	125	160	200	250	315	400
6	80,00	100,00	126,00	160,00	200,00	250,00	320,00	400,00	500,00	630,00	800,00
7	92,19	115,24	145,20	184,38	230,48	288,10	368,76	460,96	576,20	726,01	921,92
8	104,52	130,65	164,62	209,04	261,31	326,63	418,09	522,62	653,27	823,12	1045,24
9	116,95	146,19	184,19	233,90	292,38	365,47	467,80	584,76	730,95	920,99	1169,52
10	129,44	161,80	203,87	258,88	323,61	404,51	517,77	647,22	809,02	1019,37	1294,44
11	141,98	177,47	223,61	283,96	354,95	443,68	567,92	709,90	887,37	1118,09	1419,80
12	154,54	193,18	243,41	309,09	386,37	482,96	618,19	772,74	965,92	1217,06	1545,48
13	167,14	208,93	263,25	334,28	417,86	522,32	668,57	835,72	1044,65	1316,25	1671,44
14	179,76	224,70	283,12	359,52	449,40	561,75	719,04	898,80	1123,50	1415,61	
15	192,38	240,48	303,01	384,77	480,97	601,21	769,55	961,94	1202,42	1515,05	
16	205,03	256,29	322,92	410,06	512,58	640,72	820,12	1025,16	1281,45	1614,62	
17	217,68	272,11	342,85	435,37	544,22	680,27	870,75	1088,44	1360,55	1714,29	
18	230,35	287,94	362,80	460,70	575,88	719,85	921,40	1151,76	1439,70		
19	243,02	303,77	382,75	486,04	607,55	759,43	972,08	1215,10	1518,87		
20	255,70	319,62	402,72	511,40	639,25	799,06	1022,80	1278,50	1598,12		
21	268,38	335,47	422,69	536,76	670,95	838,68	1073,52	1341,90	1677,37		
22	281,06	351,33	442,68	562,13	702,67	878,33	1124,27	1405,34			
23	293,75	367,19	462,66	587,51	734,39	917,98	1175,02	1468,78			
24	306,45	383,06	482,66	612,90	766,13	957,66	1225,80	1532,26			
25	319,14	398,93	502,65	638,29	797,87	997,33	1276,59	1595,74			
26	331,81	414,81	522,66	663,69	829,62	1037,02	1327,39	1659,24			
27	344,55	430,69	542,66	689,10	861,38	1076,72	1378,20	1722,76			
28	357,25	446,57	562,67	714,51	893,14	1116,42	1429,02				
29	369,96	462,54	582,69	739,92	924,91	1156,13	1479,85				
30	382,67	478,34	602,70	765,34	956,68	1195,85	1530,68				

Tab. 2: Teilkreisdurchmesser d_0

4.3.4 Kettenradverzahnung

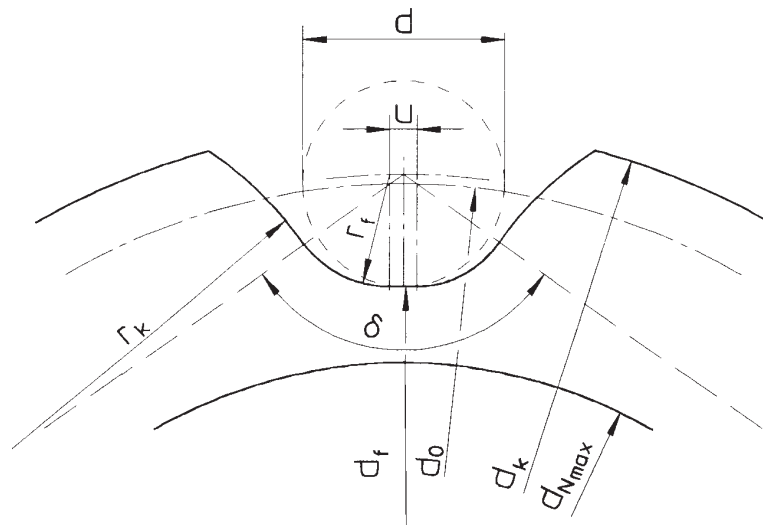


Abb. 5: Kettenradverzahnung

d = Buchsen- oder Rollendurchmesser	siehe Tabellen
d_0 = Teiledurchmesser	$d_0 = \frac{p}{\sin\left(\frac{180^\circ}{z}\right)}$ oder $d_0 = p \cdot n$
d_k = Kopfkreisdurchmesser	$d_k = d_0 + 0,25 \cdot d + 10$ für $d \leq 70$ $d_k = d_0 + 0,5 \cdot d + 6$ für $d > 70$
d_f = Fußkreisdurchmesser	$d_f = d_0 - d$
p = Teilung g = Laschenbreite	nach Wahl - siehe Tabellen
d_{Nmax} = max. Nebendurchmesser	$d_{Nmax} = d_0 \cdot \cos\left(\frac{180^\circ}{z}\right) - 1,2 \cdot g$
u = Zahnlückenspiel	$u = \frac{0,2 \cdot d + 0,05 \cdot p + 5}{10}$ $u = 0,04 \cdot p$ für gegossenes Profil
r_f = Zahnfußradius	$r_f = 0,515 \cdot d$ für $d \leq 70$ $r_f = 0,51 \cdot d$ für $d > 70$
r_k = Zahnkopfradius	$r_k = 0,8 \cdot p - r_f$
δ = Hilfswinkel	$\delta = \left(180^\circ - \frac{360^\circ}{z}\right) - 10$
z = Zähnezahl	$z \geq 6$ nach Wahl

4.3.5 Kettenlänge L, Achsabstand a

Die Kettenlänge L errechnet sich durch Multiplikation der Kettengliederanzahl x mit der Kettenteilung p.

$$L = x \cdot p$$

Bei gleicher Zähnezahl der Kettenräder und angenommenem Achsabstand a gilt:

$$x = 2 \cdot \frac{a}{p} + z$$

Bei ungleicher Zähnezahl der Kettenräder gilt:

$$x = 2 \cdot \frac{a}{p} + \frac{z_1 + z_2}{2} + \left(\frac{z_2 - z_1}{2 \cdot \pi} \right) \cdot \frac{p}{a}$$

Die Anzahl der Kettenglieder bei Endlosketten ist stets nach oben aufzurunden, wobei möglichst eine gerade Zahl auszuwählen ist, um gekröpfte Glieder zu vermeiden.

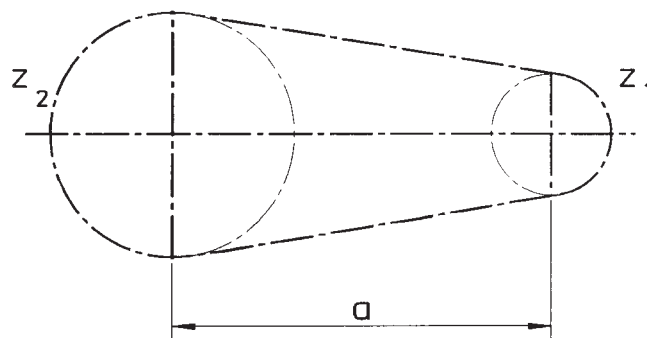


Abb. 6: Achsabstand

Der genaue Achsabstand errechnet sich wie folgt:

$$a = \frac{p}{4} \cdot \left[x - \frac{z_1 + z_2}{2} + \sqrt{\left(x - \frac{z_1 + z_2}{2} \right)^2 - 8 \cdot \left(\frac{z_2 - z_1}{2 \cdot \pi} \right)^2} \right]$$