GUSTAV WOLF

TÜV SÜD Industrie Service GmbH
TÜV SÜD
20. Mai 2016

Ermittlung der Fahrtenzahl

$N_{eq(t)}$

Für die Anwendung zusätzlicher, in DIN EN 81-50:2015 Tabelle 2 angegebener Rillen mit Unterschnitt (mit Unterschnittwinkel β = 70°) sowie Keilrillen (mit Keilwinkel γ = 55° und 60°), wurde die korrespondierende äquivalente Anzahl von Treibscheiben Neq (t) durch graphische Extrapolation ermittelt. Die Werte sind Tabelle 1 zu entnehmen.

Keilrillen	**γ [°]**	**35**	**36**	**38**	**40**	**42**	**45**	**50**	**55**	**60**
	$N_{eq(t)}$	**18,5**	**16**	**12**	**10**	**8**	**6,5**	**5**	**3,7**	**3,0**
Rillen mit Unterschnitt	**β [°]**	**0**	**70**	**75**	**80**	**85**	**90**	**95**	**100**	**105**
	$N_{eq(t)}$	**1**	**2,3**	**2,5**	**3**	**3,8**	**5**	**6,7**	**10**	**15,2**

Tabelle 1 äquivalente Anzahl von Treibscheiben Neq(t)

Entscheidungsformel

Die Seile Gustav-Wolf PAWO 819W und PAWO F7S d_{Nom} = 6,0 mm bis 10,0 mm wurde für Anwendungen in Aufzugsanlagen innerhalb und außerhalb der Anforderungen der DIN EN 81-50 und DIN EN 81- 20 entwickelt.

Aufzüge mit Treibscheibe

Die Berechnung des Sicherheitsfaktors in der DIN EN 81-50 beruht auf einer Mindestfahrtenzahl von Z = $6 \cdot 10^5$ Fahrten. Bei Abweichungen von der DIN EN 81-50 hinsichtlich Sicherheitsfaktor und Anzahl der Biegungen müssen folgende Festlegungen berücksichtigt werden:

Fall 1: **Der Sicherheitsfaktor wird auf Grundlage DIN EN 81-50 berechnet und die Anzahl der zu erwartenden Fahrten ist höher als Mindestfahrtenzahl Z = $6 \cdot 10^5$.**
In diesem Fall sind keine zusätzlichen Maßnahmen für den Betrieb notwendig.

Fall2: **Der Sicherheitsfaktor S_f liegt außerhalb der Anforderungen der DIN EN 81-50 und/oder die Anzahl der zu erwartenden Fahrten ist geringer als die Mindestfahrtenzahl Z = $6 \cdot 10^5$.**
In diesem Fall muss der Aufzug als ein Aufzug mit *begrenzter Anzahl an Fahrten* angesehen werden. Es muss ein Fahrtenzähler im System installiert werden, der die Anzahl der Fahrten je Richtung erfasst. Eine Fahrt ist die Bezeichnung für die Summe aller Starts in eine Richtung vor der Umkehr der Fahrtrichtung. Um als Start definiert zu werden, muss eine Strecke von l > 100 mm zurückgelegt werden. Diese Festlegung schließt das Nachjustieren aus, das im laufenden Betrieb

TÜV SÜD Industrie Service GmbH
20. Mai 2016

auftreten kann. Das Nachjustieren hat keinen Einfluss auf die zu erwartende Fahrtenzahl des Aufzugs.

Die Berechnung der zu erwartenden Fahrtenzahl kann mit **Gleichung 1** erfolgen. Ausgangswert der Berechnung ist die Zahl der Einfachbiegungen, die das Seil auf einer Scheibe mit Rundrille erreichen würde. Diese Daten sind in Tabelle 2 für verschiedene Durchmesserverhältnisse D/d und den Sicherheitsfaktor S_f dargestellt.
Zwischenwerte können interpoliert werden.

Indirekte hydraulische Aufzüge

In diesem Fall hat der Sicherheitsfaktor einen festen Wert (Anforderung: $S_f \geq 12$). Die einzige Abweichung vom EN 81-20 kann deshalb das Durchmesserverhältnis D/d der Umlenkrolle zum Seil sein. Grundlage der Bewertung ist ebenfalls, dass in DIN EN 81-50 die Berechnung des Sicherheitsfaktors auf einer Mindestfahrtenzahl $Z = 6 \cdot 10^5$ basiert.

Fall 1: Der Sicherheitsfaktor ist $S_f \geq 12$, das D/d-Verhältnis der Stahl- oder Gusseisenscheibe ist außerhalb der Anforderungen der DIN EN 81-20 und die Anzahl der zu erwartenden Fahrten ist höher als die Mindestfahrtenzahl $Z = 6 \cdot 10^5$.
In diesem Fall sind keine zusätzlichen Maßnahmen für den Betrieb notwendig.

Fall 2: Der Sicherheitsfaktor ist $S_f \geq 12$, das D/d-Verhältnis der Stahl oder Gusseisenscheibe ist außerhalb der Anforderungen der DIN EN 81-20 und die Anzahl der zu erwartenden Fahrten ist niedriger als die Mindestfahrtenzahl $Z = 6 \cdot 10^5$.
In diesem Fall muss der Aufzug als ein Aufzug mit *begrenzter Anzahl an Fahrten* angesehen werden. Es muss ein Fahrtenzähler im System installiert werden, der die Anzahl der Fahrten je Richtung erfasst. Eine Fahrt ist die Bezeichnung für die Summe aller Starts in eine Richtung vor der Umkehr der Fahrtrichtung. Um als Start definiert zu werden, muss eine Strecke von $l > 100$ mm zurückgelegt werden. Diese Festlegung schließt das Nachjustieren aus, das im laufenden Betrieb auftreten kann. Das Nachjustieren hat keinen Einfluss auf die zu erwartende Fahrtenzahl des Aufzugs.

Die Berechnung der zu erwartenden Fahrtenzahl kann mit **Gleichung 1** erfolgen. Ausgangswert der Berechnung ist die Zahl der Einfachbiegungen, die das Seil auf einer Scheibe mit Rundrille erreichen würde. Diese Daten sind in Tabelle 2 für verschiedene Durchmesserverhältnisse D/d und den Sicherheitsfaktor S_f dargestellt.
Zwischenwerte können interpoliert werden.

Wenn eine **Kunststoff-Umlenkrolle** für indirekte hydraulische Aufzüge verwendet wird, erhöht sich die Anzahl der Fahrten, die mit der Formel berechnet werden, um den Faktor $f_N = 1{,}2$.
Der Einsatz von Kunststoff-Umlenkrollen in indirekten hydraulischen Aufzügen erfordert in allen Fällen einen Fahrtenzähler.

Anwendung der Entscheidungsformel

Es folgt eine vereinfachte Methode der Kalkulation der Fahrtenzahl des Aufzugs im Einsatz, die sowohl eine vereinfachte als auch eine konservative Betrachtung ermöglicht.

Tabelle 2 stellt die Anzahl der Einfachbiegungen N_a dar, die ein Seil auf einer Treibscheibe mit Rundrille erreichen kann. Das sind die „Basisdaten" für die Kalkulation. Sie sind Ausgangspunkt für die Berechnung der zu erwartenden Fahrtenzahl Z_A.

	Sf = 12	Sf = 14	Sf = 16	Sf = 18	Sf = 20	Sf = 22	Sf = 24	Sf = 26	Sf = 28	Sf = 30
Durch-messer-verhält-nis D/d	N_a	N_a	N_a	N_a	N_a	N_a	N_a	N_a	N_a	N_a
18,5	25.000	35.500	45.000	55.000	65.000	82.500	99.500	114.500	130.000	148.500
20	141.000	201.000	255.000	311.000	368.000	467.000	564.000	649.000	737.000	842.000
21	219.000	311.000	396.000	485.000	577.000	729.000	880.000	1.014.000	1.152.000	1.317.000
22	295.000	422.000	541.000	668.000	816.000	1.009.000	1.226.000	1.416.000	1.614.000	1.848.000
23	377.000	544.000	702.000	872.000	1.086.000	1.332.000	1.628.000	1.887.000	2.161.000	2.481.000
24	461.000	669.000	867.000	1.082.000	1.363.000	1.665.000	2.043.000	2.376.000	2.729.000	3.140.000
25	529.000	753.000	960.000	1.178.000	1.413.000	1.773.000	2.146.000	2.473.000	2.812.000	3.216.000
26	614.000	882.000	1.134.000	1.403.000	1.725.000	2.136.000	2.604.000	3.015.000	3.447.000	3.955.000
27	700.000	1.015.000	1.312.000	1.634.000	2.043.000	2.510.000	3.076.000	3.575.000	4.102.000	4.719.000
28	766.000	1.106.000	1.447.000	1.811.000	2.316.000	2.779.000	3.417.000	3.970.000	4.556.000	5.241.000
29	893.000	1.300.000	1.717.000	2.167.000	2.797.000	3.378.000	4.185.000	4.892.000	5.641.000	6.524.000
30	952.000	1.398.000	1.830.000	2.303.000	2.973.000	3.589.000	4.439.000	5.186.000	5.986.000	6.912.000
31	1.085.000	1.603.000	2.112.000	2.671.000	3.465.000	4.209.000	5.236.000	6.139.000	7.107.000	8.242.000
32	1.120.000	1.655.000	2.181.000	2.758.000	3.577.000	4.345.000	5.405.000	6.337.000	7.336.000	8.508.000
33	1.236.000	1.839.000	2.421.000	3.065.000	3.984.000	4.852.000	6.048.000	7.100.000	8.234.000	9.562.000
34	1.273.000	1.894.000	2.494.000	3.157.000	4.105.000	5.000.000	6.231.000	7.315.000	8.484.000	9.852.000
35	1.615.000	2.413.000	3.247.000	4.172.000	5.495.000	6.738.000	8.485.000	10.042.000	11.705.000	13.680.000
36	1.734.000	2.636.000	3.526.000	4.575.000	6.052.000	7.453.000	9.421.000	11.180.000	13.092.000	15.321.000
37	1.885.000	2.822.000	3.831.000	4.950.000	6.553.000	8.055.000	10.182.000	12.088.000	14.114.000	16.534.000
38	1.936.000	2.899.000	3.934.000	5.083.000	6.730.000	8.273.000	10.457.000	12.414.000	14.495.000	16.980.000
39	1.987.000	2.975.000	4.038.000	5.217.000	6.907.000	8.490.000	10.732.000	12.741.000	14.877.000	17.427.000
40	2.400.000	3.700.000	5.000.000	6.590.000	8.810.000	10.920.000	13.920.000	16.620.000	19.570.000	23.000.000

Tabelle 2 Anzahl der Einfachbiegungen über eine Scheibe mit Rundrille

TÜV SÜD Industrie Service GmbH
TÜV SÜD
20. Mai 2016

Beim Einsatz von Formrillen müssen die „Basisdaten“ nach Tabelle 2 korrigiert werden. Dazu ist die Anzahl der Biegungen in Tabelle 2 mit den Koeffizienten aus Tabelle 3 zu multiplizieren.

Rillen mit Unterschnitt		Keilrillen	
β	fN3	γ	fN3
70°	0,43	35°	0,054
75°	0,4	36°	0,066
80°	0,33	38°	0,095
85°	0,26	40°	0,14
90°	0,2	42°	0,18
95°	0,15	45°	0,25
100°	0,1	50°	0,33
105°	0,066	55°	0,4
		60°	0,45

Tabelle 3 Korrekturfaktoren zur Berechnung der Biegezahlen beim Einsatz von Formrillen

Um die Anzahl der Fahrten Z_A zu bestimmen, denen das Seil standhalten kann, ist es notwendig, die gesamte Installation zu betrachten und damit auch die Anzahl aller Scheiben im System zu berücksichtigen. Betrachtet wird der am meisten beanspruchte Seilabschnitt, der über die Treibscheiben läuft.

Ist gemäß DIN EN81-50: 2015 der Abstand zwischen den Seilauflaufpunkten auf zwei aufeinanderfolgenden Seilrollen, die einen festen Abstand zwischen ihren Achsen aufweisen, nicht größer als das 200fache des Seildurchmessers, ist **Gegenbiegung** bei der Kalkulation zu berücksichtigen.
Die Anzahl der Gegenbiegungen ist mittels **Gleichung 6** aus der Anzahl der Einfachbiegungen zu ermitteln.

Die Auswertung ist vereinfacht und kann entsprechend **Gleichung 1** zusammengefasst werden.

TÜV SÜD Industrie Service GmbH
TÜV SÜD
20. Mai 2016

Entscheidungsformel für die Anzahl der Fahrten:

$$Z_A = \frac{1}{\underbrace{\frac{1}{f_{N3} \bullet N_a\,(D_T)}}_{A} + \underbrace{\frac{1}{N_a\,(D_{R1})}}_{B} + \underbrace{\frac{1}{N_a\,(D_{R2})}}_{C} + \cdots\cdots + \underbrace{\frac{1}{N_a\,(D_{Ri})}}_{i\text{-th}}}$$

Gleichung 1

Definition:

Z_A =	Anzahl der Fahrten des Aufzugs
f_{N3} =	Reduktionsfaktor aus Tabelle 2
D_T =	Durchmesser der Treibscheibe in [mm]
D_{R1} =	Durchmesser der ersten Umlenkrolle in [mm]
D_{R2} =	Durchmesser der zweiten Umlenkrolle in [mm]
D_{Ri} =	Durchmesser aller weiteren Umlenkrollen in [mm]
$N_a\,(D_T)$ =	Anzahl der einfachen Biegung für den Scheibendurchmesser D_T, aus Tabelle 2
$N_a\,(D_{R1})$ =	Anzahl der einfachen Biegung für den Scheibendurchmesser D_{R1}, aus Tabelle 2
$N_a\,(D_{R2})$ =	Anzahl der einfachen Biegung für den Scheibendurchmesser D_{R2}, aus Tabelle 2
$N_a\,(D...)_{korr}$ =	Anzahl der Gegenbiegungen ermittelt aus der Anzahl der einfachen Biegungen für die entsprechende Scheibe
S_f =	Sicherheitsfaktor 1. Sicherheitsfaktor ausgelegt und berechnet nach DIN EN 81-50: 2015-02 2. Sicherheitsfaktor in Tabelle 2 abweichend von DIN EN 81-50: 2015-02

TÜV SÜD Industrie Service GmbH
TÜV SÜD
20. Mai 2016

Gleichung 1 kann in folgenden Fällen vereinfacht werden:

1) Indirekter Hydraulischer Aufzug:

$$Z_A = N_a (D_R)$$ **Gleichung 2**

In diesem speziellen Fall ist der Term für die Treibscheibe nicht relevant und es gibt nur eine Scheibe auf der Oberseite des Kolbens. In diesem Fall entspricht die Anzahl der Fahrten Z_A auch der Anzahl der einfachen Biegungen N_a, wie in Tabelle 2 angegeben.

In dem sehr seltenen Fall, in dem zwei Scheiben auf der Oberseite des Kolbens vorhanden sind, wird die Anzahl der Fahrten Z_A halbiert.

2) Treibscheibenaufzug 1:1 ohne Umlenkrolle

$$Z_A = f_{N3} \bullet N_a (D_T)$$ **Gleichung 3**

In diesem Fall werden die Terme für die Umlenkrollen ignoriert, da nur die Treibscheibe berücksichtigt werden muss.

3) Treibscheibenaufzug 1:1 oder 2:1 mit einer Umlenkrolle

$$Z_A = \frac{1}{\frac{1}{f_{N3} \bullet N_a (D_T)} + \frac{1}{N_a (D_{R1})}}$$ **Gleichung 4**

TÜV SÜD Industrie Service GmbH
TÜV SÜD
20. Mai 2016

In diesem Fall müssen nur die Terme für die Treibscheibe und die erste Umlenkrolle berücksichtigt werden.

4) Treibscheibenaufzug 1:1 oder 2:1 mit zwei Umlenkrollen gleichen Durchmessers:

$$Z_A = \frac{1}{\frac{1}{f_{N3} \bullet N_a (D_T)} + \frac{2}{N_a (D_{R1})}}$$ **Gleichung 5**

In diesem Fall muss der Term für die Umlenkrolle doppelt berücksichtigt werden, da zwei Umlenkrollen gleichen Durchmessers vorhanden sind.

5) Treibscheibenaufzug 1:1 und 2:1 mit zwei oder mehr Umlenkrollen unterschiedlichen Durchmessers:

In diesem Fall muss die allgemeine **Gleichung 1** angewendet werden.

Anzahl der Gegenbiegungen ermittelt aus der Anzahl der einfachen Biegungen:
nach: Feyrer, Klaus; Drahtseile: Bemessung, Betrieb, Sicherheit; 2., überarb. und erw. Aufl.; Springer-Verlag 2000; S.269

$$N_a(D...)_{korr} = 2{,}670 \bullet N_a(D...)^{0{,}671} \bullet (D/d)^{0{,}499}$$ **Gleichung 6**

TÜV SÜD Industrie Service GmbH

20. Mai 2016

Beispiel – Kalkulation für einen Aufzug mit 2:1-Aufhängung

Aufzugsdaten:

Aufhängung:	2:1
Seil Ø:	6,5 mm
Sicherheitsfaktor:	24
Treibscheibenrille:	V-gehärtet/γ = 50°
Treibscheiben Ø:	195 mm (D/d = 30)
Umlenkrollen Ø:	234 mm (D/d = 36) – eine Umlenkrolle auf der Seite des Gegengewichts

Bestimmung des am meisten beanspruchten Seilabschnitts:

Der am meisten beanspruchte Seilabschnitt ist derjenige, der während der Bewegung der Kabine von oder zur Hauptetage über die Scheiben läuft. Hauptetage ist meistens das Erdgeschoss. Im Falle einer 2:1-Aufhängung läuft der am meisten beanspruchte Seilabschnitt über die Treibscheibe und die Gegengewichtsscheibe. Die zwei Biegungen pro Fahrt, die sich aus der Fahrt von oder zur Hauptetage ergeben, sind Einfachbiegungen. Eine der Biegungen erfolgt in einer Formrille und eine Biegung erfolgt in einer Rundrille.

Daten aus Tabelle 2 und 3:

$N_a\ (D_T) = 4.439.000$

$N_a\ (D_{R1}) = 9.421.000$

$f_{N3} = 0{,}33$

TÜV SÜD Industrie Service GmbH
TÜV SÜD
20. Mai 2016

Berechnung der Fahrtenzahl nach Gleichung 4:

$$Z_A = \frac{1}{\frac{1}{f_{N3} \bullet N_a\ (D_T)} + \frac{1}{N_a\ (D_{R1})}}$$

$$Z_A = \frac{1}{\frac{1}{0{,}33 \bullet 4.439.000} + \frac{1}{9.421.000}} = 1.267.748 \text{ Fahrten}$$