

Belastungen auf Pakete im Paketverteilzentrum

Berechnungen

Hinweis: Dieses Dokument wird Kunden als Orientierungshilfe zum Thema „Wirkung von Belastungen auf Transportgüter“ zur Verfügung gestellt. Die dargelegten Informationen, Berechnungen, Annahmen und Schlussfolgerungen werden in gutem Glauben gemacht und gelten zum Zeitpunkt der Aufbereitung als korrekt. Trotz sorgfältiger Recherche übernimmt ASPION keine Garantie für die Richtigkeit der Informationen.

1. Einleitung

Diese Berechnung soll unter realistischen Annahmen aufzeigen, mit welchen mechanischen / dynamischen Belastungen für Pakete in einem Paketverteilzentrum zu rechnen ist. In Paketverteilzentren kommen Paketrutschen zum Einsatz, auf denen die Pakete zu den Ladestationen verteilt werden. Ein Verteilzentrum mit entsprechenden Paketrutschen kann beispielsweise wie hier von Amazon im Blockbeitrag gezeigt oder der Österreichischen Post, so aussehen:



Amazon Logistikcenter Garbsen
Quelle:

<https://blog.aboutamazon.de/transportlogistik/amazon-garbsen-offizieller-start-f%C3%BCr-das-erste-automatisierte-amazon-sortierzentrum-in-deutschland>



Logistikzentrum der Österreichischen Post AG
Foto: Österreichische Post AG, Christian Stemper

2. Berechnung der Beschleunigung auf schiefer Ebene

Die gezeigte Paketrutsche entspricht einer schiefen Ebene mit den Abmessungen (Annahmen als geschätzte Werte aufgrund der Abbildung):

$$h = 3m; b = 4m; l = 5m$$

Die Kraft, die auf ein Paket auf einer schiefen Ebene wie der gezeigten Paketrutsche wirkt, ist die Hangabtriebskraft F_{HA} , die sich aus der Gewichtskraft F_G und der Reibungskraft F_R ableiten lässt:

$$F_{HA} = F_G \cdot \sin \alpha - F_R; F_G = m \cdot G; m = \text{Masse in Kg}; G = \text{Erdbeschleunigung} = 9,81 \frac{m}{s^2}$$

Für die Reibungskraft wird angenommen, dass sie ein Zehntel der Gewichtskraft entspricht:

$$F_R = \frac{1}{10} F_G$$

In einem rechtwinkligen Dreieck gilt außerdem:

$$\sin \alpha = \frac{h}{l}$$

Daraus lässt sich die Beschleunigung auf der schiefen Ebene wie folgt berechnen:

$$F_{HA} = m \cdot a = m \cdot G \cdot \frac{h}{l} - \frac{1}{10} \cdot m \cdot G = m \cdot G \cdot \left(\frac{3}{5} - \frac{1}{10} \right) = \frac{1}{2} \cdot m \cdot G$$

$$a = \frac{1}{2} G$$

Auf einer solchen Rutsche wirkt somit die halbe Erdbeschleunigung.

3. Auswirkungen für ein Paket auf schiefer Ebene

Für die weitere Berechnung müssen wir bestimmen, wie lange das Paket die schiefe Ebene herunterrutscht und welche Endgeschwindigkeit dieses Paket vor dem Stoß gegen die Begrenzung am Ende der Rutsche hat. Der Zusammenhang zwischen Strecke, Geschwindigkeit, Beschleunigung und Zeit ist wie folgt:

S = zurückgelegter Weg (hier $S = l = 5m$);

V = Geschwindigkeit am Ende der Strecke S;

t = Die Zeit für das Zurücklegen der Strecke S.

$$S = \frac{1}{2} a \cdot t^2$$

$$V = V_0 + a \cdot t$$

Aus der ersten Formel lässt sich die Zeit berechnen:

$$t = \sqrt{\frac{(2 \cdot S)}{a}} = \sqrt{\frac{2 \cdot 5m}{\frac{1}{2} \cdot 9,81 \frac{m}{s^2}}} = 1,43s$$

Das Paket rutscht also in 1,43 Sekunden die Rutsche herunter.

Mit der Anfangsgeschwindigkeit von $V_0 = 2,5 \frac{m}{s}$ (wie im verlinkten Artikel beschrieben) ergibt sich eine Endgeschwindigkeit von:

$$V = V_0 + a \cdot t = 2,5 \frac{m}{s} + \frac{1}{2} \cdot 9,81 \frac{m}{s^2} \cdot 1,43s = 9,5 \frac{m}{s} = 34,25 \frac{km}{h}$$

Beim Stoß des Paketes am Ende der Rutsche können durch das abrupte Abbremsen des Paketes sehr starke Beschleunigungen entstehen, da die Abbremszeit sehr kurz ist. Für diese Berechnung kann die gleiche Formel für den Zusammenhang zwischen Geschwindigkeit und Beschleunigung verwendet werden.

$$V = V_0 + a \cdot t$$

Dabei ist die Endgeschwindigkeit $V = 0$ sowie $V_0 = 9,5 \frac{m}{s}$. Bei einer Abbremszeit von $50 \text{ ms} = 0,05s$ (realistische Werte liegen im Bereich von 5 bis 50 ms) ergibt sich eine Beschleunigung von:

$$0 = 9,5 \frac{m}{s} + a \cdot t$$

$$a = \frac{-9,5 \frac{m}{s}}{t} = \frac{-9,5 \frac{m}{s}}{0,05s} = 190 \frac{m}{s^2} \Rightarrow \text{entspricht } \frac{190}{9,81} = 19,36 \cdot G$$

Mit diesen Annahmen kann das 19,36fache der Erdbeschleunigung auf das Paket wirken.

Kontakt

ASPION GmbH

76149 Karlsruhe

www.aspion.de

Telefonischer Support: +49 (0)721 / 8 51 49-128

E-Mail Support: support@aspion.de

Haftungsausschluß und Urheberrecht

Für die Richtigkeit der Angaben übernimmt die ASPION GmbH keinerlei Gewähr. Eine Haftung für die Korrektheit, Aktualität, Richtigkeit und Vollständigkeit der bereitgestellten Informationen, insbesondere auf die verwiesenen Webseiten und Inhalte Dritter, wird ausgeschlossen. Soweit die Inhalte auf diesen Seiten nicht von ASPION erstellt wurden, werden die Urheberrechte Dritter beachtet. Insbesondere werden Inhalte Dritter als solche gekennzeichnet. Sollten Sie trotzdem auf eine Urheberrechtsverletzung aufmerksam werden, bitten wir um einen entsprechenden Hinweis. Bei Bekanntwerden von Rechtsverletzungen werden wir derartige Inhalte umgehend entfernen.