

Nr. 1 Auslegungskriterien für Antriebe von Schienensystemen

HepcoMotion® Schienensysteme sind äußerst nützlich, wenn es darum geht, ein Bauteil oder einen Arbeitsvorgang entlang einer Strecke aus geraden Führungsschienen und Kurvensegmenten zu bewegen. Die Strecke kann dabei offen sein oder ein geschlossenes System bilden.

Oftmals beinhaltet ein System dabei mehrere Laufwagen, die gemeinsam im Verbund umherbewegt werden müssen (dies ist bei Transfersystemen und vielen anderen Anwendungen weit verbreitet). Der Antrieb kann dabei über mehrere Verfahren erfolgen, so z.B. auch über Nocken oder Mitnehmer auf einer Kette oder einem Zahnriemen. Es können aber auch ein (oder mehrere) Laufwagen angetrieben werden, die miteinander verbunden sind und so ein Kette bilden.

Bei jeder der möglichen Antriebsmethoden ist darauf zu achten, dass die Geometrie der Bewegung des Laufwagens entsprechend berücksichtigt wird, wenn der Laufwagen den Übergang von einem geraden Schienenstück zu einer Kurve passiert. Hier sind 2 Punkte von besonderer Bedeutung. Bei Laufwagen mit fester Lageranordnung ist kurzzeitig ein Spiel zu beobachten und die Laufwagen sind leicht lose auf der Schiene. Außerdem bewegen sich alle Laufwagen in Richtung Ringmitte (siehe Abb. 2 und Tabelle 2).

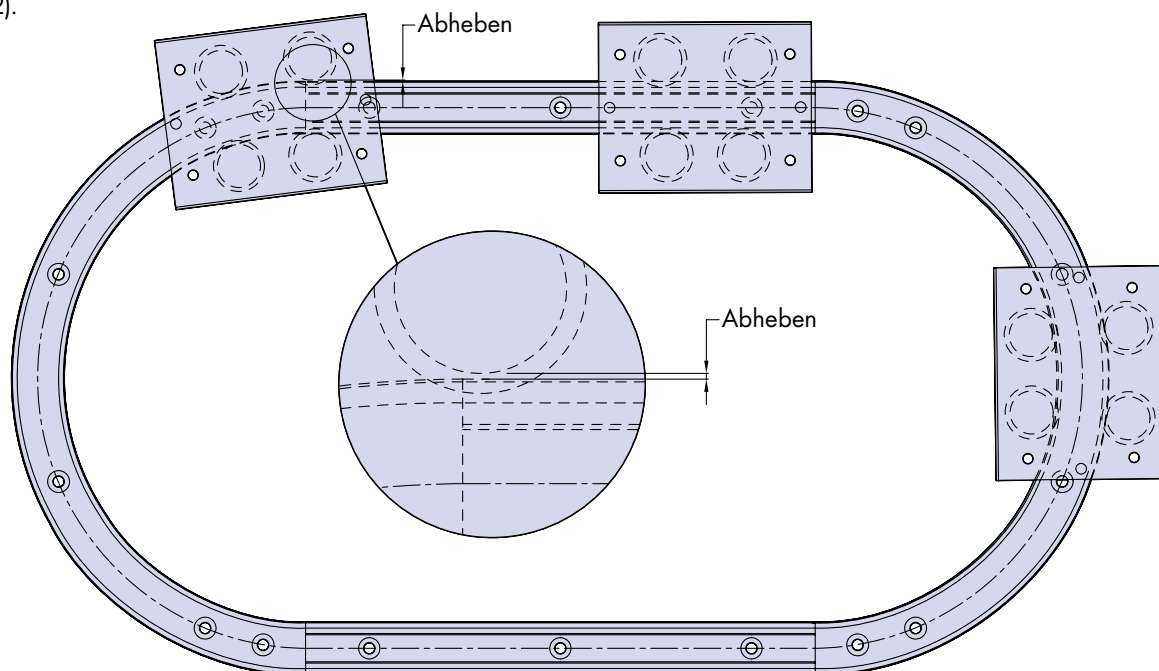


Abb. 1: Schienensystem / Abheben der Laufwagen

Laufwagentyp	FCC 12 93	FCC 12 127	FCC 20 143	FCC 20 210	FCC 25 159	FCC 25 255	FCC 25 351	FCC 44 468	FCC 44 612	FCC 76 799	FCC 76 1033	FCC 76 1267	FCC 76 1501
Max. Spiel / mm	0.17	0.08	0.18	0.10	0.47*	0.15	0.09	0.21	0.14	0.22	0.19	0.17	0.16

Tabelle 1: Spiel bei Laufwagen mit fester Lageranordnung an den Übergangspunkten des Schienensystems

Bei diesen Zahlen handelt es sich um theoretische Werte. Bei den meisten Anwendungen werden die Lager leicht gegen die Schiene vorgespannt und ein Teil des Spiels wirkt quasi als eine „Entspannung“ des Systems. In diesem Fall läuft der Laufwagen etwas leichtgängiger, wenn er beispielsweise von der geraden Schiene auf ein Kurvensegment fährt als wenn sich der Laufwagen komplett auf einem geraden Schienenstück oder in einer Kurve befindet. Bei den meisten Aufgabenstellungen ist das Spiel bzw. das momentane Herabsetzen der Vorspannung nicht von Bedeutung. Es gibt jedoch auch Anwendungsfälle, wo dies unerwünscht sein kann.

* Der Laufwagen mit fester Lageranordnung vom Type FCC 25 159 hat ein größeres Spiel. Bei vielen Anwendungen ist dies erkennbar, jedoch nicht von Nachteil.

Nr. 1 Auslegungskriterien für Antriebe von Schienensystemen

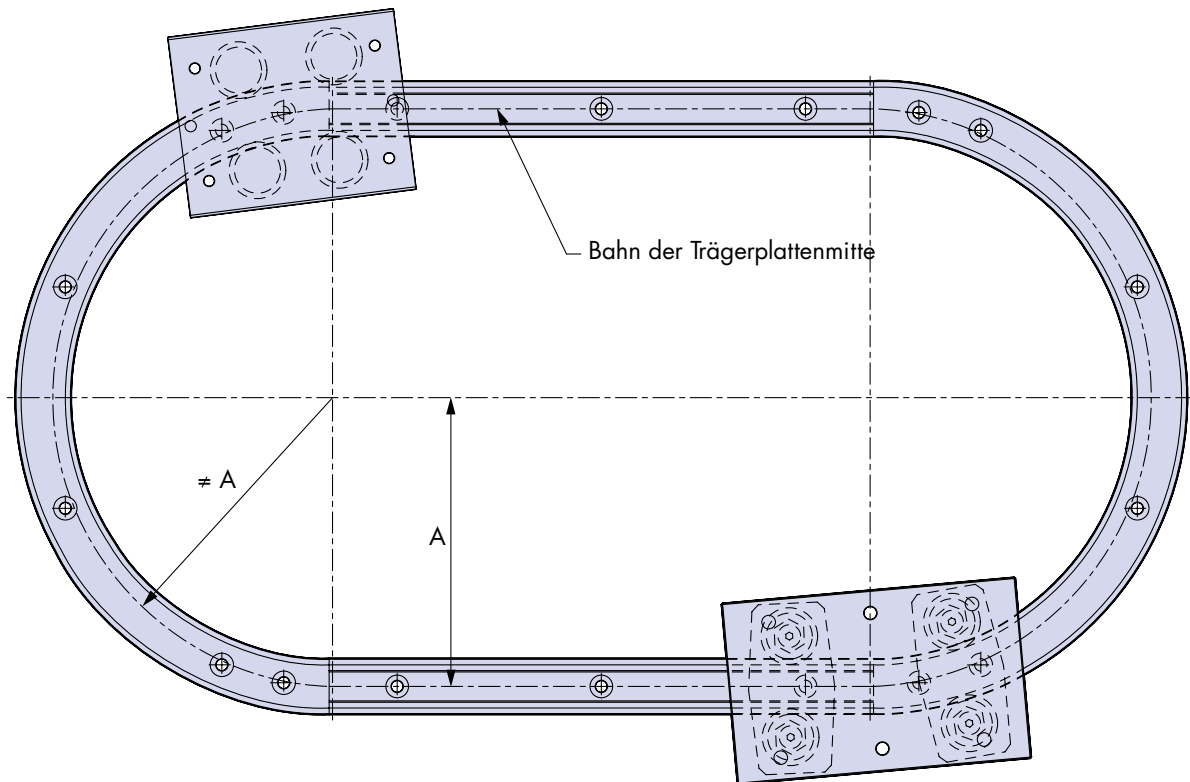


Abb. 2: Bahn der Trägerplattenmitte beim Fahren entlang einer ovalen Strecke

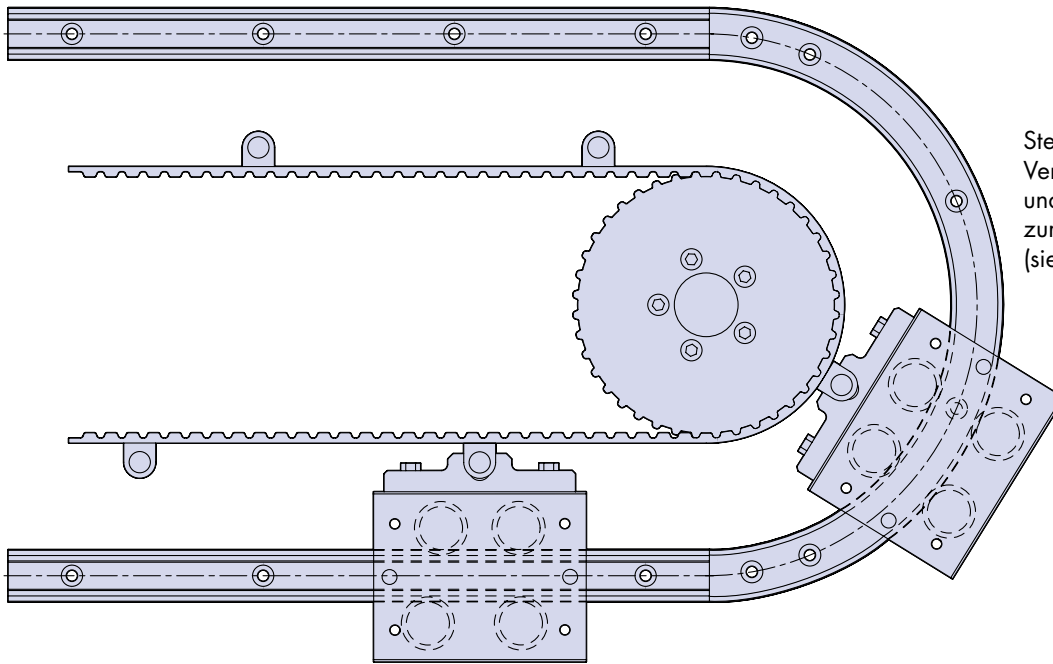
Laufwa- gentyp	FCC 12 93	FCC 12 127	FCC 20 143	FCC 20 210	FCC 25 159	FCC 25 255	FCC 25 351	FCC 44 468	FCC 44 612	FCC 76 799	FCC 76 1033	FCC 76 1267	FCC 76 1501
Bewegung Richtung Mitte	1.44	0.96	1.46	1.12	3.11	1.61	1.32	2.69	2.28	2.99	3.32	3.69	4.08
Laufwa- gentyp	BCP25 auf R25159	BCP25 auf R25255	BCP25 auf R25351	BCP44 auf R44468	BCP44 auf R44612	BCP76 auf R76799	BCP76 auf R761033	BCP76 auf R761267	BCP76 auf R761501				
Bewegung Richtung Mitte	9.4	5.7	4.1	5.4	4.1	5.4	4.1	3.3	2.8				

Tabelle 2: Bewegung des Laufwagens in Richtung Mitte des Ringsegments beim Einfahren des Laufwagens in die Kurve

Beim Großteil der Anwendungen, wo das Schienensystem einen geschlossenen Kreis bildet, sind die geraden Schienenstücke für die Arbeitsvorgänge von Bedeutung, dort wo der eigentliche Arbeitsvorgang der Anwendung stattfindet. Die Kurvensegmente dienen normalerweise lediglich als Rückweg. In diesen Fällen ist die genaue Steuerung der Bewegung nur auf den geraden Abschnitten erforderlich und deshalb ist unwahrscheinlich, dass das sich entwickelnde Spiel beim Übergang von der Gerade in die Kurve (oder umgekehrt) ein Problem darstellt. Ist ein solches Spiel bei einer Anwendung nicht akzeptabel, dann kommen Laufwagen mit Drehschemel von Hepco zum Einsatz, bei denen sich kein Spiel in diesem Maße entwickelt.

Erfolgt der Antrieb bei einem Schienensystem über Kette oder Zahnriemen, müssen normalerweise auch Kurven durchfahren werden. Hier wird die Kette oder der Riemen mittels Zahnräder oder Scheiben umgelenkt. Da sich die Trägerplatte beim Passieren der Übergangsstelle in Richtung Kurvenmitte bewegt, sind die Systeme so zu konzipieren, dass sie über ausreichend Flexibilität verfügen, um dies zu kompensieren. Der Antrieb mittels Führungszapfen, der – wie in Abb. 3 dargestellt – in ein Führungskerbe/Nut greift stellt eine praktische Realisierungsmöglichkeit dar.

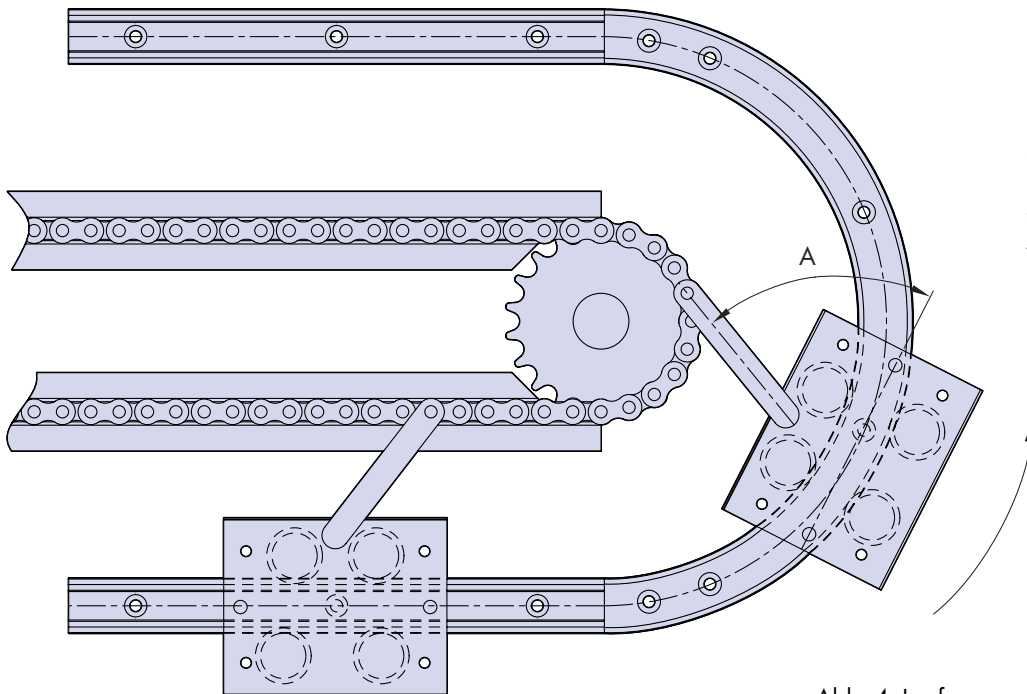
Nr. 1 Auslegungskriterien für Antriebe von Schienensystemen



Stellen Sie sicher, dass die Verbindung zwischen Riemen und Trägerplatte die Bewegung zur Mitte hin berücksichtigt (siehe Tabelle 2).

Abb. 3: Laufwagen angetrieben über Führungszapfen auf einem Zahnriemen oder einer Kette

Kommt diese Anordnung zum Einsatz, sollte der Antrieb üblicherweise auf dem Laufwagen außermittig liegen. Daher kommt es zu einer zusätzlichen Momentbelastung des Systems. Bei der Belastungs- und Lebensdauerberechnung für das System muss daher diese Belastung berücksichtigt werden (siehe auch Datenblatt Nr. 3 – Information zur Lebensdauer). Alternativ dazu kann der Laufwagen – wie in Abb. 4 nachfolgend dargestellt – über Mitnehmer mit der Kette oder dem Riemen verbunden werden.



Stellen Sie sicher, dass bei der Berechnung der Systembelastung der Winkel „A“ und dessen Auswirkung berücksichtigt wird.

Abb. 4: Laufwagenantrieb über Mitnehmer und Kette

Kommt ein Mitnehmer zum Einsatz, ist zu bedenken, dass eine Kraftkomponente existiert, die den Laufwagen in Richtung Mitte des Schienensystems zieht. Bitte berücksichtigen Sie diesen Umstand bei der Berechnung der Systembelastung und –lebensdauer. Die auf die Trägerplatte wirkende Kraft sollte berechnet werden, wenn sich der Laufwagen in der Kurve befindet, da hier die größten Kräfte wirken (worst-case Szenario).

Nr. 1 Auslegungskriterien für Antriebe von Schienensystemen

Bei Systemen, deren Laufwagen über Zugstangen verbunden sind, und somit ein „Verbund“ entsteht, besteht die Tendenz, dass sich die sichtbare Länge des „Verbunds aus Laufwagen“ ändert, wenn die Laufwagen die Verbindungsstelle zwischen Gerade und Kurve passieren. Die Verbindung zwischen einem Laufwagenpaar bildet eine Kreissehne über der Mittellinie des Ringsegments, welche den Laufwagenzug verlängert. Gleichzeitig bewegen sich die Enden der Verbindungsstücke so, dass ein größerer, tatsächlicher Radius entsteht, da sie außen an den Lagern montiert sind, was sich wiederum so auswirkt, dass der Laufwagenzug kürzer wird. Das Zusammenspiel dieser beiden Effekte führt dazu, dass die Länge des Laufwagenzugs beim Befahren des Schienensystems variiert. Ist der Laufwagenzug auf einem einfachen, ovalen Schienensystem montiert (siehe Abb. 5), wird der Abstand „D“ zwischen dem ersten und dem letzten Laufwagen ein wenig größer bzw. kleiner, wenn die Strecke befahren wird.

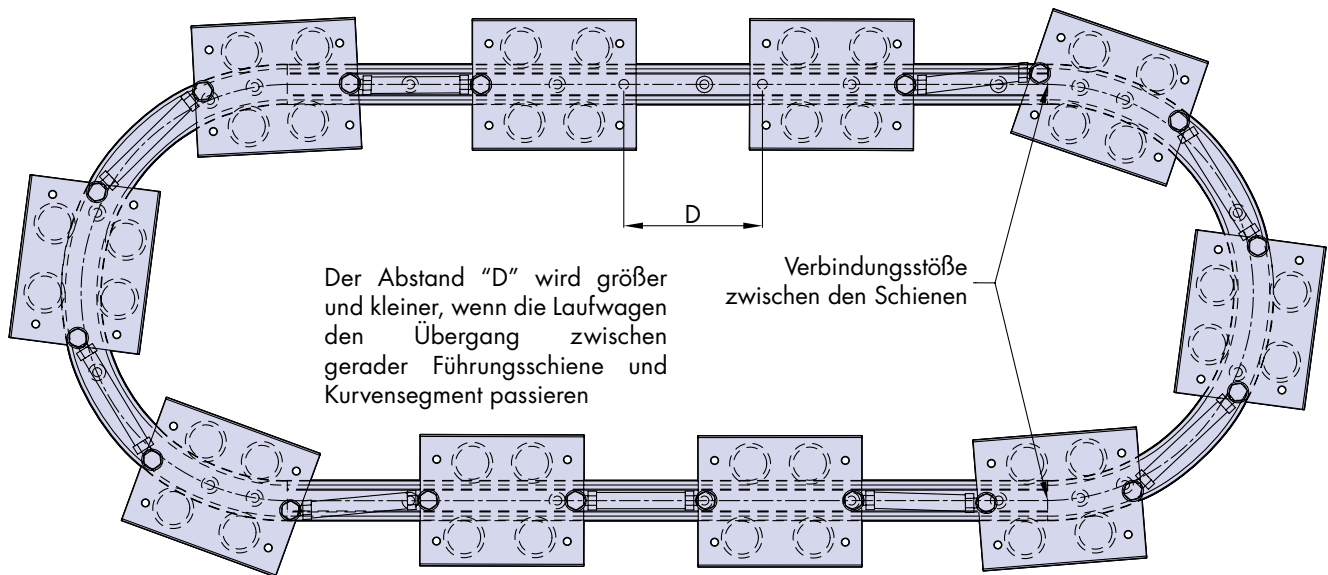


Abb. 5: Einfaches, ovales Schienensystem mit verbundenen Trägerplatten

Diese variierende Länge des Laufwagenzugs ist bei Anwendungen entscheidend, bei denen eine durchgehende Kette von aneinandergereihten Laufwagen (geschlossener Kreis) erforderlich ist, da die Ausdehnung des Zugs eingeschränkt werden könnte. Dies kann zu einem Bewegungswiderstand führen. Unter extremen Bedingungen können sich die Laufwagen in einer Position festlaufen. Durch sorgfältige Planung des Systems können diese möglichen Probleme vermieden werden. Ist das System richtig ausgelegt, dann sind Ausdehnung und Verkürzung minimiert und die Verbindungsglieder haben genügend Spiel, um die Längenänderung zu kompensieren. Dies ist jedoch keine schwierig zu erfüllende Bedingung, da sich die Ausdehnung bzw. Verkürzung in einem typischen System auf 2mm beläuft und dies in einem System bestehend aus 10 Laufwagen durch ein Spiel von nur 0,1 mm bei jeder der 20 Gelenkverbindungen ausgeglichen werden kann.

Um die Auswirkungen der Längenänderung beim Laufwagenzug zu minimieren, können die folgenden allgemeinen Regeln angewandt werden:

1. Die Länge der Verbindungselemente zwischen den Laufwagen sollte so gering wie möglich gehalten werden und kurze Trägerplatten - d.h. Laufwagen mit fester Lageranordnung anstelle von Laufwagen mit Drehschemel – sollten bevorzugt eingesetzt werden.
2. Systeme, bei denen der Durchmesser des Ringsegments größer ist, zeichnen sich durch eine geringere Längenänderung aus.
3. Systeme, bei denen der Querschnitt der Ringsemente kleiner ist, sind durch eine geringere Längenänderung gekennzeichnet.
4. Am besten sollte man es vermeiden, dass vier Laufwagen Übergangspunkte gleichzeitig passieren, da ansonsten der Ausdehnungs- und Verkürzungseffekt zusammenfällt und sich somit gegenseitig verstärkt. Dies erreicht man am besten, wenn die Schienenlänge als ganzzahliges Vielfaches plus einer halben Wagenabstandsteilung gewählt wird. Bei einer einfachen, ovalen Schienenstrecke mit einer durchgehenden Kette von aneinandergereihten Laufwagen wird diese Anforderung durch eine ungerade Anzahl von gleichmäßig verteilten Laufwagen erfüllt.

Nr. 1 Auslegungskriterien für Antriebe von Schienensystemen

Falls bei einem Anwendungsfall die Ausdehnung bzw. die Verkürzung der miteinander verbundenen Laufwagen problematisch sein sollte, ist es ratsam die Längenänderung des Systems abzuschätzen. In Tabelle 3 unten finden Sie typische Werte für die Längenänderung bei einem System mit einem einzigen Übergang von Gerade zu Kurve.

Kurvendurchmesser Schienensystem	Länge des Verbindungsstücks	Mittelpunkt Verbindungsstück auf dem Laufwagen	Ca. Ausdehnung/Verkürzung per Übergangspunkt
93	40	45	1.3mm
127	40	45	0.7mm
143	55	65	1.2mm
210	60	70	1.3mm
159	Bei einem System	aus verlinkten Laufwagen	bitte nicht verwenden
255	65	85	1.1mm
255	80	85	1.5mm
351	90	90	0.3mm
351	100	90	0.7mm
468	115	125	0.3mm
612	120	130	0.6mm
799	145	165	0.3mm
799	165	165	0.8mm
1033	175	185	0.7mm
1267	200	225	0.9mm
1501	225	245	0.4mm

Tabelle 3: Ungefähre Ausdehnung und Verkürzung bei verbundenen Laufwagen

Die in Tabelle 3 enthaltenen Daten können zur Berechnung der ungefähren Ausdehnung bzw. Verkürzung bei miteinander verbundenen Laufwagen wie folgt verwendet werden:

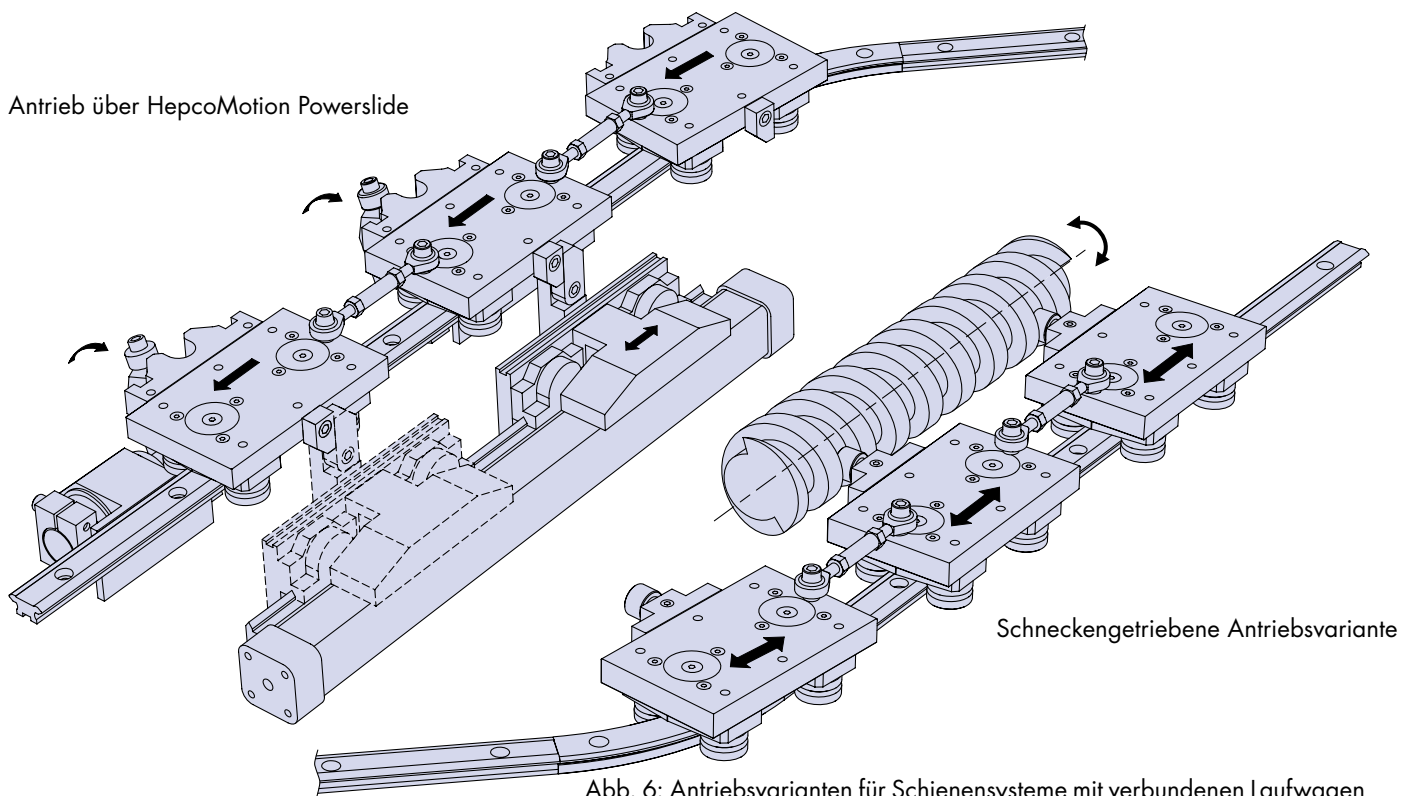
Beispiel: Ein Schienensystem besteht aus zwei geraden Schienenstücken Typ TNS25 und zwei Kurvensegmenten vom Typ TR 25 255 R180. Auf dem Schienensystem sind zehn Laufwagen mit fester Lageranordnung Typ FCC 25 255 installiert. Die einzelnen Laufwagen sind mit stabilen Verbindungsstangen untereinander verbunden. Diese sind jeweils 80mm lang und deren Mittelpunkte befinden sich bei 85mm auf der Mittellinie der Trägerplatten (wie in groben Zügen in Abb. 5 dargestellt). Unter Bezugnahme auf Tabelle 3 ergibt dies für die oben beschriebene Konfiguration eine ungefähre Ausdehnung /Verkürzung von 1,5mm pro Stoßstelle. Da es im System insgesamt vier Stoßstellen zwischen Geraden und Kurvensegmenten gibt, ergibt dies einen Gesamtwert von ca. 6mm.

Es sollte jedoch nicht vergessen werden, dass bei einem gut geplanten System die Verkürzung deutlich kürzer ausfällt als der Wert für eine Übergangsstelle multipliziert mit der Anzahl der Stoßstellen insgesamt. Ausdehnung und Verkürzung heben sich zum großen Teil gegenseitig auf, wenn bei der Konzeption des Systems die entsprechenden Richtlinien und Vorgaben eingehalten werden.

Im obigen Beispiel ist die Ausdehnung bzw. Verkürzung sehr groß. Werden die auf Seite 4 genannten Richtlinien entsprechend angewandt, d.h. reduziert man die Länge des Verbindungselements von 80mm auf 65mm und installiert man einen zusätzlichen Laufwagen, dass eine ungerade Anzahl entsteht, so reduziert sich der Wert für Ausdehnung bzw. Verkürzung des Systems von 6mm auf ca. 0,3mm. Diese Längenänderung kann problemlos über die Nachgiebigkeit der verbundenen Laufwagen ausgeglichen werden.

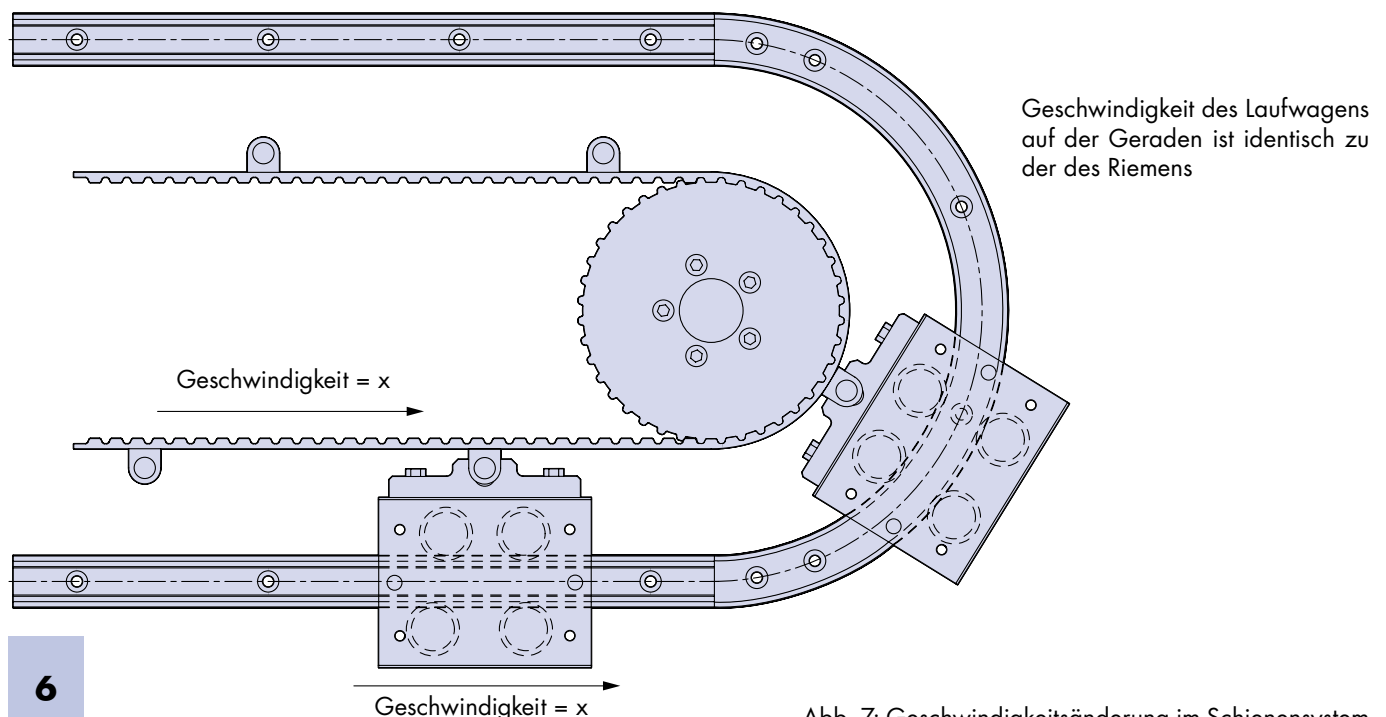
Nr. 1 Auslegungskriterien für Antriebe von Schienensystemen

Kommen miteinander verlinkte Laufwagen wie beschrieben zum Einsatz, gibt es für den Antrieb verschiedene Möglichkeiten. Er kann über einen HepcoMotion Powerslide oder über einen Schneckenantrieb erfolgen. Beide Antriebsvarianten sind in Abb. 6 dargestellt.



Beim Antrieb verbundener Laufwagen können Schwierigkeiten auftreten, wenn die Länge des Verbindungselements oder die Mittelpunkte für die Befestigung auf der Trägerplatte mehr als 40% des Ringdurchmessers betragen. Dieses Kriterium macht somit auch den Einsatz dieser Antriebsmethode bei Ringen mit 159-er Durchmesser unmöglich. Bei Anwendungen, wo lange Verbindungselemente auf Ringen mit kleinem Durchmesser benötigt werden, sollte eine maßstabsgetreue Zeichnung zur Visualisierung des Schienensystems erstellt werden. Auf diese Weise können für den Antrieb ungünstige Bedingungen dargestellt werden, wo beispielsweise die Verbindungselemente einen großen Winkel zur Ringtangente aufweisen und somit eine hohe Beanspruchung der Kanten erzeugt wird oder sogar ungleichmäßige, unruhige Laufeigenschaften oder Stauungen/Blockierungen entstehen.

Entscheidet man sich für einen Schneckenantrieb, ist bei der Konzipierung eines Systems mit verbundenen Laufwagen darauf zu achten, dass der Abstand zwischen den Laufwagen eine ganze Zahl der Gewindesteigung beträgt. Bei Anwendungen mit einem geschlossenen Schienensystem wird der Abstand zwischen den Laufwagen durch die Gesamtlänge der Strecke und der Anzahl von Laufwagen bestimmt. Dies muss bei der Auswahl der Spindel berücksichtigt werden. Bei der Planung bzw. Auslegung eines Antriebs für ein riemen- oder kettengetriebenes System sollte auch die Geschwindigkeitszunahme berücksichtigt werden, wenn der Laufwagen von einer Geraden in die Kurve fährt. Wenn der Laufwagen die gerade Schiene entlangfährt, ist die Geschwindigkeit des Laufwagens identisch zu der des Riemens (siehe auch Abb. 7).



Nr. 1 Auslegungskriterien für Antriebe von Schienensystemen

Fährt der Laufwagen von der Geraden in die Kurve, kommt es zu einem schnellen Wechsel der Geschwindigkeit, da der Laufwagen verglichen zum Riemen eine größere Strecke zurücklegen muss. Die Zunahme der Geschwindigkeit findet auf einer sehr kleinen Strecke statt und somit kann es zu extrem hohen Beschleunigungswerten an der Stoßstelle zwischen Schiene und Kurve kommen. Bei der Planung des Antriebs und der Riemennocken müssen daher die durch die hohen Beschleunigungswerte erzeugten Kräfte berücksichtigt werden. Hepco hat eine erfolgreiche Methode zur Riemenverbindung entwickelt, die beim DTS System zum Einsatz kommt. Weitere Informationen entnehmen Sie bitte dem Datenblatt Nr. 8 „DTS Komponenten“.

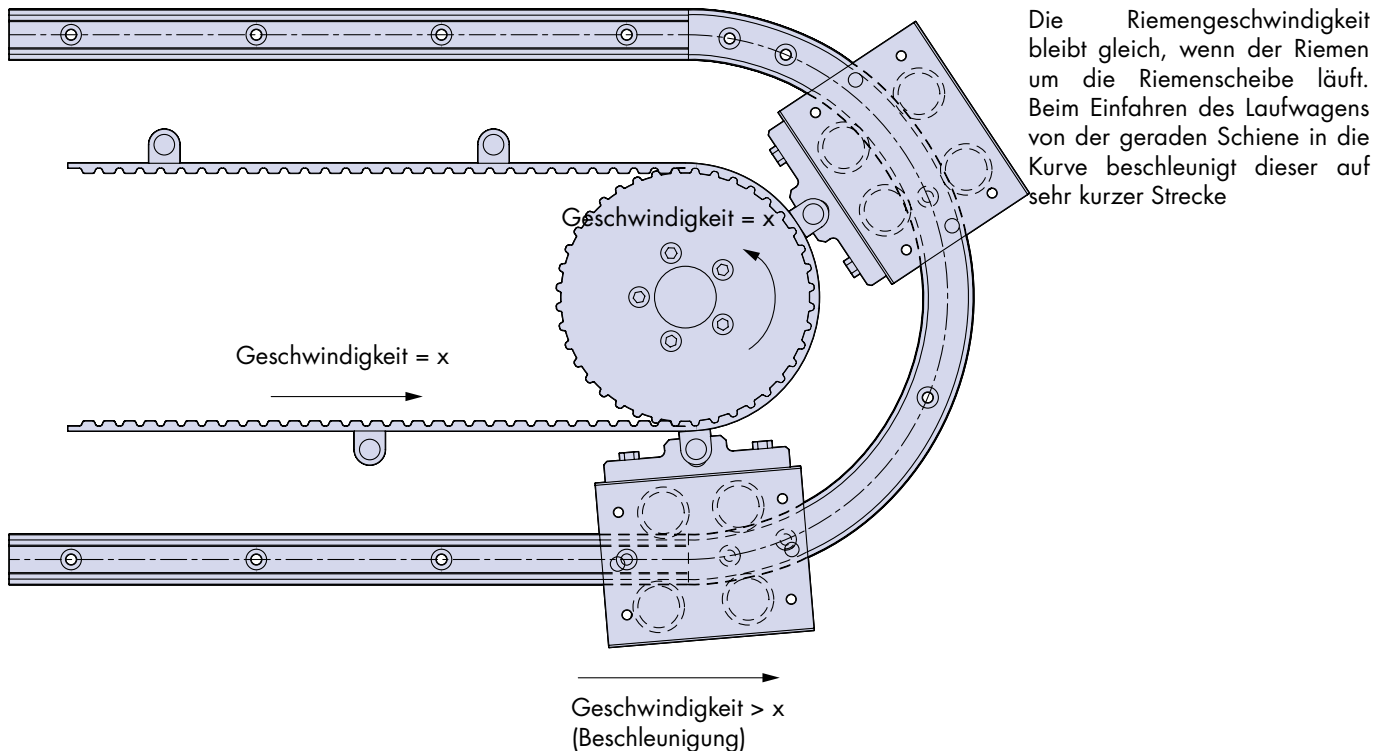


Abb. 8: Geschwindigkeitsänderung im Schienensystem

Ist der Laufwagen komplett auf dem Segment, fährt er mit gleichbleibender Geschwindigkeit weiter. Diese Geschwindigkeit ist jedoch viel größer als die Riemengeschwindigkeit. Das Verhältnis zwischen den Geschwindigkeiten von Laufwagen und Riemen ist direkt proportional zum unterschiedlichen Durchmesser der Riemenscheibe und des Ringsegments (siehe auch Abb. 9).

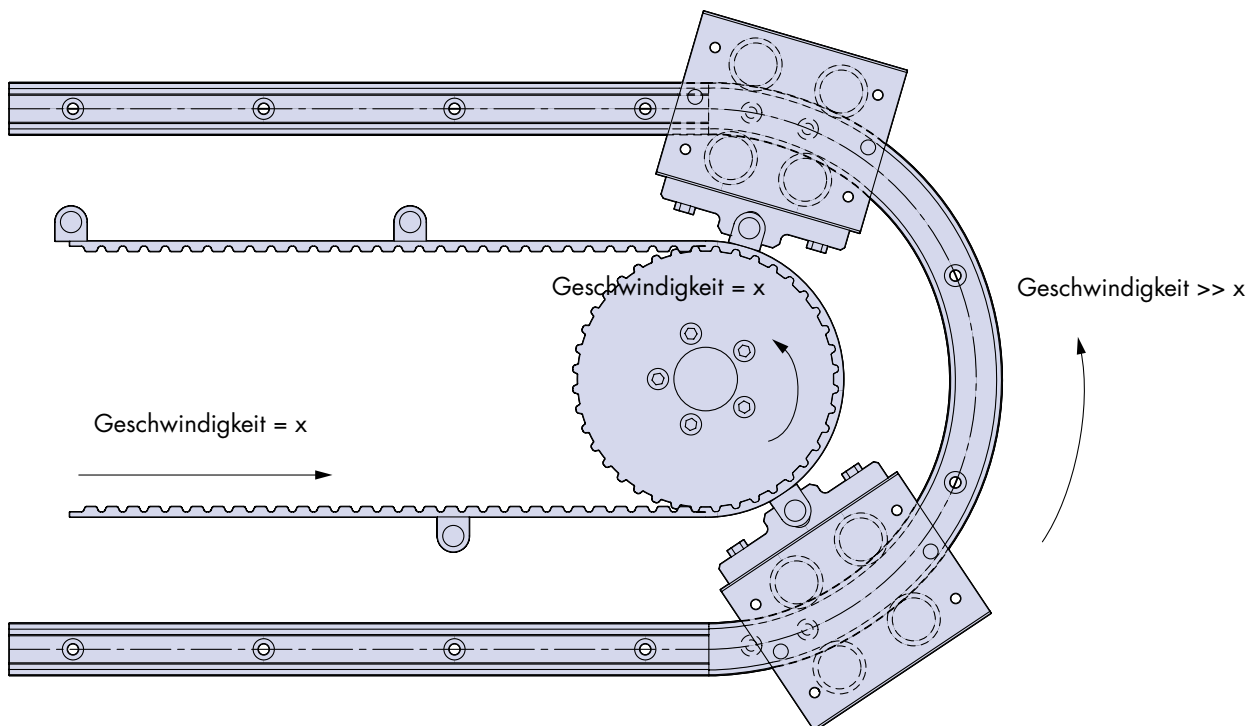
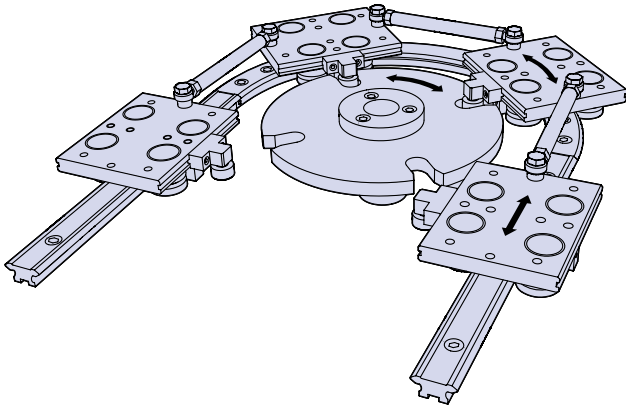


Abb. 9: Geschwindigkeitsänderung im Schienensystem

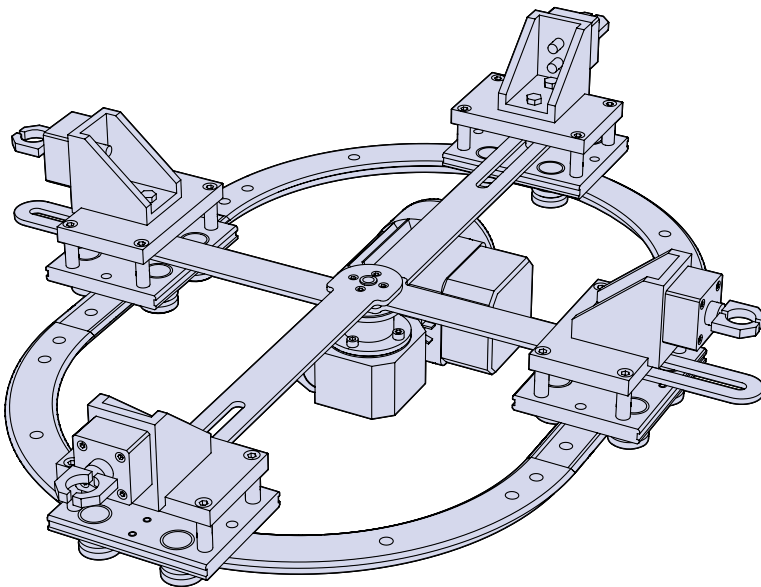
Nr. 1 Auslegungskriterien für Antriebe von Schienensystemen

In den nachfolgenden Abbildungen finden Sie Details zu verschiedenen Antriebsmethoden für Schienensysteme mit verbundenen Laufwagen. Falls Sie weitere Informationen oder Unterstützung für einen speziellen Anwendungsfall benötigen, so hilft Ihnen die Abteilung Technik von Hepco gerne weiter.



Scheibenradantrieb

Hier werden die Laufwagen über Gelenkstangen mit einander verbunden. Ein Nocken/Mitnehmer auf jedem Laufwagen greift in die Ausschnitte eines Antriebsrades und bewegt so den Laufwagen entlang der Schienenstrecke. Diese Antriebsvariante erfordert ein gewisses Maß an Nachgiebigkeit bei den Gelenkstangen und ausreichend Spiel bei der Umlenkscheibe, damit der Nocken eingreifen kann.

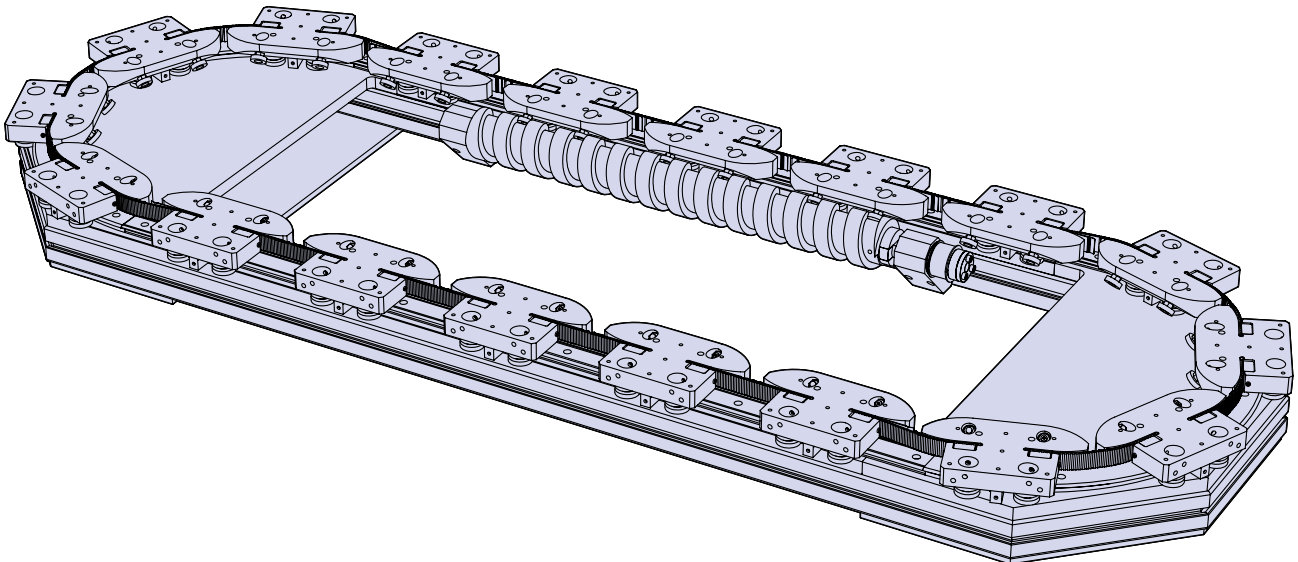


Kreuzförmiger Antrieb

für den Einsatz bei kurzen Schienensystemen. Die Laufwagen werden über einen in der Mitte angebrachten Motor und ein Gelenkkreuz angetrieben. Die Arme des Gelenkkreuzes sind mit Langlöchern versehen, um die unterschiedlichen Abstände der Laufwagen zur Motorantriebswelle entsprechend auszugleichen.

DTS2 Dynamisches Schienensystem

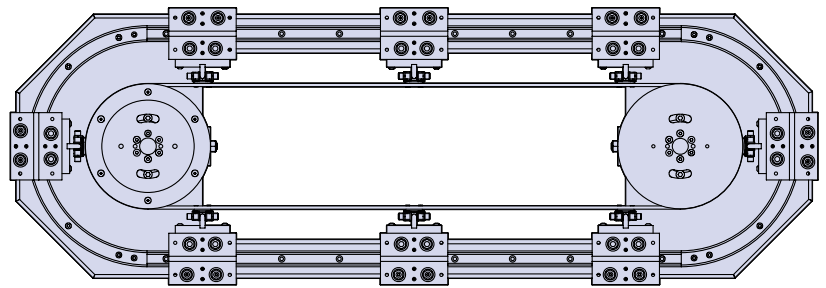
Abgeleitet vom PRT2 Schienensystem wurde die DTS2 Palette für Schienensysteme entwickelt, bei denen hohe Geschwindigkeit, schnelles Takten und große Antriebskräfte erforderlich sind. Das System ist als Standardausführung und als korrosionsbeständige Ausführung verfügbar. Weitere Infos finden Sie unter www.HepcoMotion.com/dts2datade.



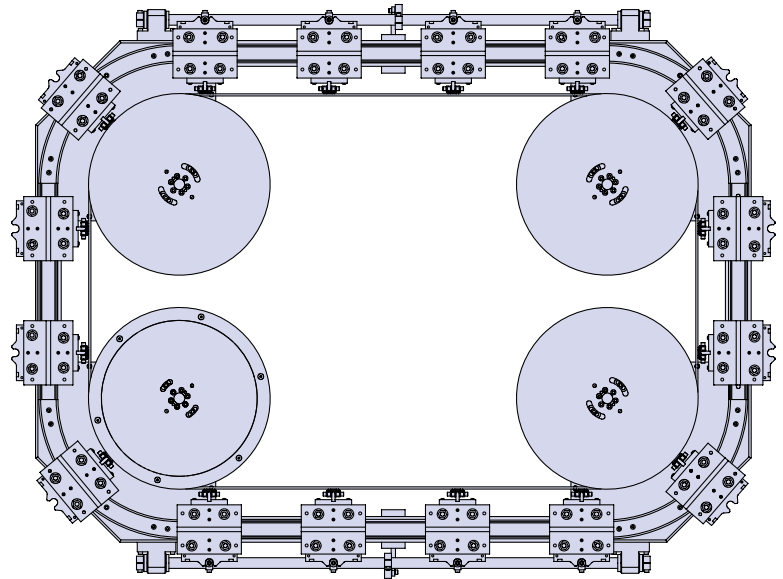
Nr. 1 Auslegungskriterien für Antriebe von Schienensystemen

Wie unten dargestellt gibt es Schienensysteme in ovaler und rechteckiger Form. Weiterführende Informationen über entsprechende Systemkomponenten finden Sie im Internet unter www.HepcoMotion.com/PRT2dataDe im Datenblatt Nr. 8 „DTS Komponenten“.

Angetriebenes Schienensystem,
ovale Form

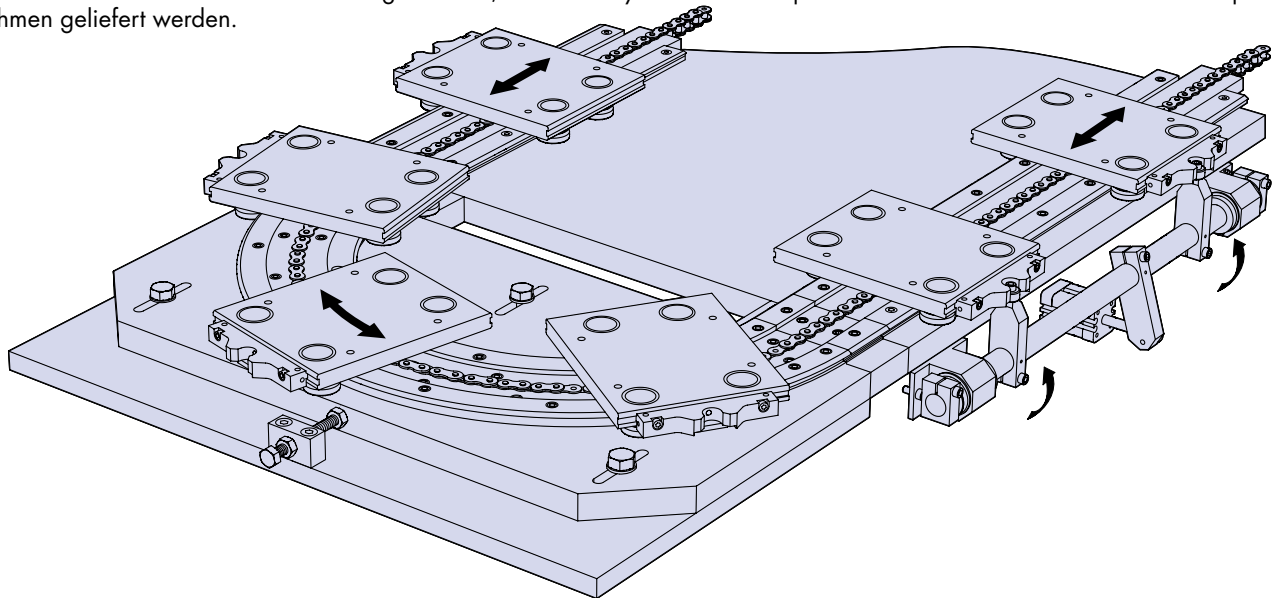


Angetriebenes Schienensystem,
rechteckige Form



Duplex-Schienensystem mit mittigem Kettenantrieb

Dieses Schienensystem besteht aus zwei, nebeneinanderliegenden Schienen mit einfacher V-Führung und einem mittig verlaufenden Antrieb, um eine konstante Geschwindigkeit im System gewährleisten zu können. Dieses System ist komplett mit spezieller Kette und mittigem Schneckenantrieb erhältlich. Wenn gewünscht, kann das System auch komplett mit Motor und montiert auf einen Hepco MCS Rahmen geliefert werden.



HepcoMotion®, Schwarzenbrucker Str. 1
90537 Feucht, Deutschland
Tel: +49 (0) 9128 9271 0
E-mail: info.de@hepcotion.com