

# Porta Alpina: der Bahnhof unter den Alpen

---



Idee zur Realisierung eines  
Vertikal- Horizontal-  
Transportsystems auf  
Linearmotorbasis

Intelligent und **I**nnovativ. Qualität und  
Sicherheit auf höchstem **N**iveau. Nach dem  
neuesten Stand der **T**echnik. Präzise und  
punktgenaue **R**egelung. Ein breites  
Spektrum von **A**nwendungen. Entwicklung,  
Prototypenbau, **S**erienfertigung. Zuverlässige  
und kostengünstige **S**ysteme und Komponenten  
einschließlich **S**icherheitstechnik.



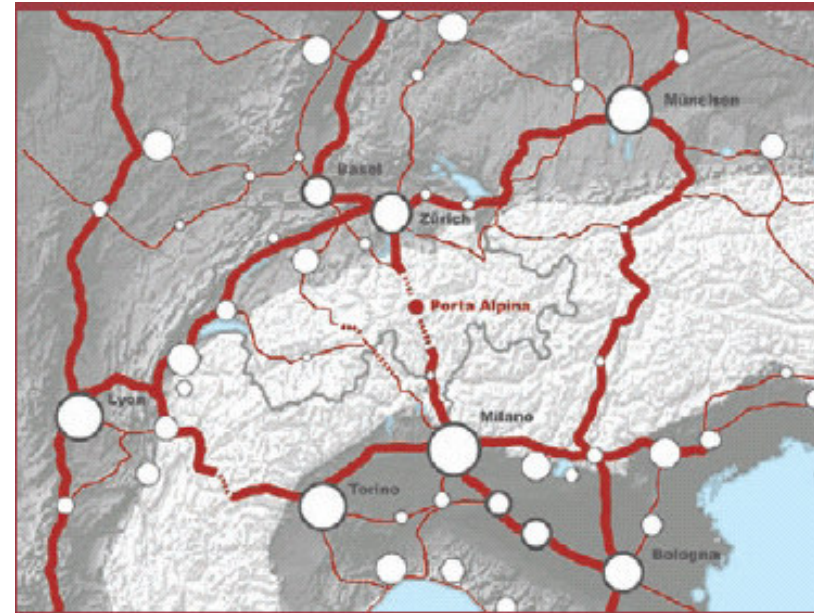
# Ausgangssituation: Gotthard Tunnel

Ausschnitt aus Broschüre: der Gotthard Basistunnel

Der neue 57 km lange Gotthardbasistunnel ist der längste Eisenbahntunnel der Welt und zugleich eine der wichtigsten Arterien im europäischen Nord-Süd Verkehr. Im Zentrum der Alpendurchquerung – in der Mitte des Gotthardbasistunnels – befindet sich der sogenannte Zwischenangriff Sedrun.

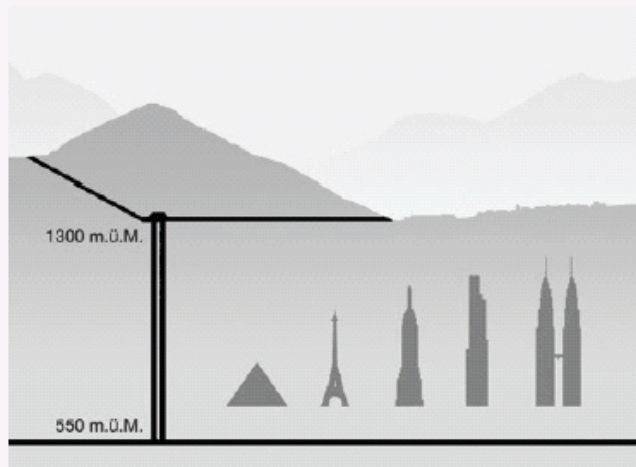
Ausschnitt aus Broschüre: Zwischenangriff Sedrun

Die Idee eines Bahnhofs Sedrun hatte SBB Chef Eduard Gruner bereits 1947. Gut 50 Jahre später bildete seine Idee, diese Nothaltestelle zu einer regulären, öffentlichen Tunnelstation – einer Porta Alpina – auszubauen, Gegenstand der im März 2000 auf nationaler Ebene und im März 2001 auf europäischer

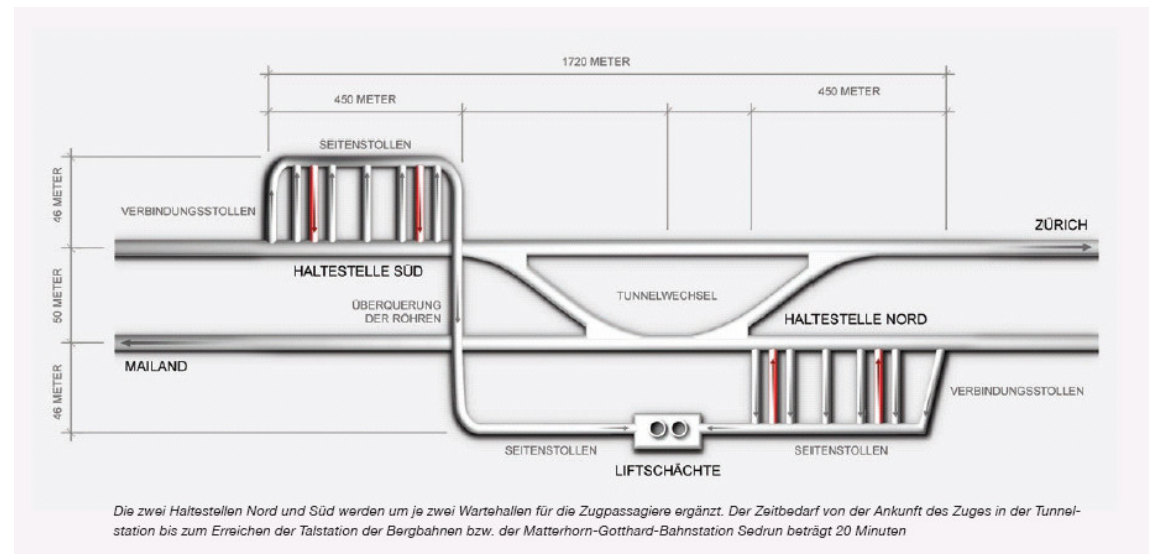


# Ausgangssituation: Porta Alpina

Wie die Studie zur baulichen Machbarkeit nachweist, kann die Multifunktionsstelle Sedrun mit vertretbaren baulichen Massnahmen als permanente Tunnelstation konzipiert werden. Die dafür notwendigen Massnahmen umfassen je zwei Wartehallen pro Haltestelle, einen sicheren Ausbau der Perronanlagen und die Gestaltung der Personenverkehrswege. Zudem sind Anpassungen in den Bereichen Schachtkopf und Schachtfuss notwendig.



Ausschnitt Broschüre: Querschnitt existierende Multifunktionsstelle



Ausschnitt Broschüre: Vorschlag Haltestelle Porta Alpina



# Ausgangssituation: Lösung mit Liftsystem

Die bisherige Lösung für die Porta Alpina sieht ein herkömmliches Liftsystem mit zwei Ebenen in einer der Röhren vor.

Die ankommenden Passagiere des Nordbahnhofes könnten den Lift zu Fuß erreichen, für die Passagier des Südbahnhofes stünde ein Elektroshuttlebus zur Verfügung

Vom Liftkopf ist die Ausfahrt der Passagiere über den waagrechten Zugangsstollen über ein Shuttlebussystem vorgesehen.

Referenz: Machbarkeitsstudie

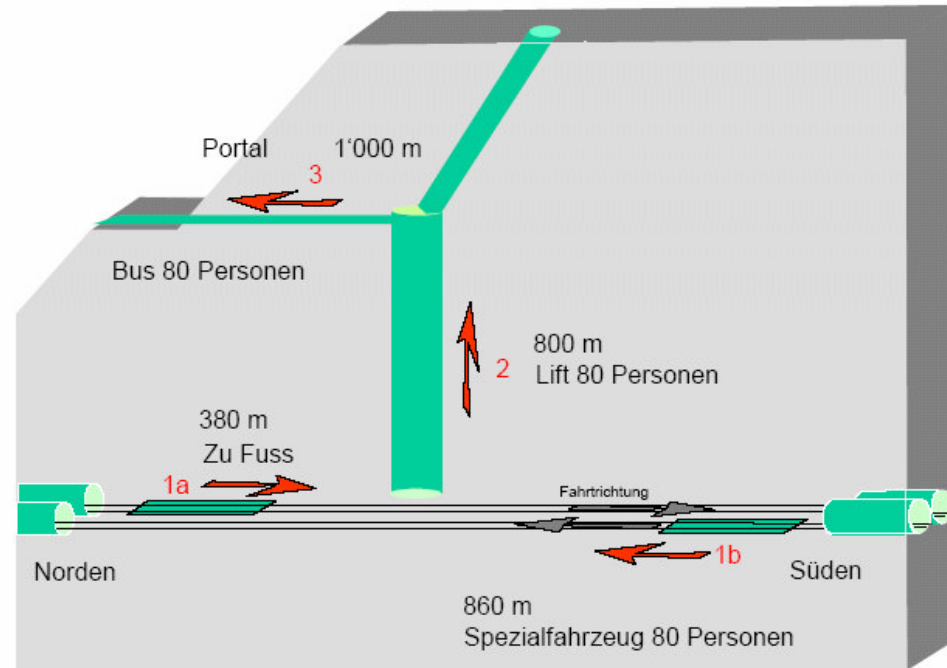


Abbildung 4-1: Wege von der Station bis zur Kantonsstrasse Sedrun

Ausschnitt Broschüre: Machbarkeitsstudie



# Idee

---

**Durch ein kombiniertes Horizontal- Vertikal-Kabinentransportsystem könnten die Passagiere direkt vom Südbahnhof über den Nordbahnhof, den Liftschacht und den Zugangsstollen ohne Umsteigen zum Ausgang transportiert werden. Dieses Transportsystem ist mit sogenannter Linearer Antriebstechnik technisch ohne größere Schwierigkeiten realisierbar.**

Bei der linearen Antriebstechnik treibt ein in der Strecke integrierter Motor (wie beim Transrapid) die Kabinen berührungslos an. Im Gegensatz zum Transrapid würden die Kabinen allerdings durch ein Schienensystem “geführt” werden.

Zu lösen wäre der Übergang von der Horizontal- in die Vertikalfahrt. Unser erster Ansatz sieht eine Kombinationslösung vor. Hier würden containerförmige Kabinen selbst horizontal verfahrbar sein und für den Vertikaltransport in einen Liftrahmen einfahren. Der Liftrahmen wäre auch zweigeschossig möglich und könnte sowohl herkömmlich oder linear angetrieben realisiert werden.

Je nach Bedarf könnten sowohl die Horizontal- als auch die Vertikalbewegung “zweigleisig” ausgelegt werden, was die verfügbare Kapazität deutlich erhöhen würde. Bei einer zweiseitigen Vertikalbewegung würde sich der Betrieb des Liftrahmens nach dem Paternosterprinzip anbieten. Zu prüfen wäre, wie die zwei Spuren in die Röhre zu integrieren wäre und wieviel Kabinenkapazität dann verbleiben würde.

**Alternativ ist auch eine Lösung ohne den Umweg über den Liftrahmen möglich. (direktes Vertikal-Horizontalkabinensystem) Kommerzielle und Sicherheitsaspekte wären in einer Studie zu prüfen.**

Auf jeden Fall könnte natürlich die “Metroversion” mit Linearantrieb realisiert werden.

Intrasys hat Lineare Antriebstechnik für verschiedenste Transport- und Hubaufgaben bereits Anwendung. LSM Antriebe beschleunigen z.B. 20 tschwere Achterbahnzüge sicher und verschleißfrei auf bis zu 200km/h.



# Prinzip: 3 Varianten

---

## 1. Kabinenbetrieb mit Liftrahmen (einspurig)

Containerkabinen würde über einen in der Strecke integrierten Linearmotor (siehe auch Folie: Linearmotor) automatisch in einen Liftrahmen fahren. Auch im Liftrahmen wäre ein Stator integriert, um die Einfahrt zu ermöglichen. Im Liftrahmen könnten übereinander mehrere Container transportiert werden.

Die Kabinen würden dann im oberen Teil automatisch wieder ausfahren und die Personen an den Tunnelausgang transportieren.

Die Personen würden in den Kabinen wie in einer Liftkabine stehen.

Bei einem einspurigen Betrieb könnte die Containerkabinen entsprechend der aktuellen Liftgröße ca. 40 Personen (Grundfläche ca. 5,2m x 2,2m) transportieren. In diesem Fall würde sinnvoll nur ein Liftrahmen im Schacht betriebe werden.

Der Liftrahmen könnte mit Linearantrieb oder auch konventionell betrieben werden. Durch geeignete Puffergleise an den Endhalte- und Umsetzstellen könnten allerdings im Horizontalbetrieb auch 4 oder mehr Kabinen gleichzeitig fahren, wodurch Leerfahrten des Liftrahmens vermieden würden

## 2. Kabinenbetrieb mit Liftrahmen (zweispurig)

Es ist auch denkbar, zwei "Spuren" im Vertikalschacht zu integrieren und die Liftrahmen nach dem Paternosterprinzip oben und unten "umzusetzen".

In diesem Fall wäre eine eingeschossige Ausführung des Liftrahmens sinnvoll und es könnten bei Bedarf in einer Spur mehrere Liftrahmen auf-, in der anderen Spur abfahren. Mit dem zur Verfügung stehenden Röhrendurchmesser von ca. 7,3m wäre allerdings die Containergröße auf ca. 2,6m x 2,2m begrenzt und die Kapazität pro Container ca. 20 Personen.

Diese Version könnte im Vertikalbereich nur mit einem Linearmotor realisiert werden.



# Prinzip: 3 Varianten

---



## 3. Transportkabinen für kombinierte Horizontal- und Vertikalbewegung

Grundsätzlich wäre technisch auch die Möglichkeit denkbar, über ein geeignetes Führungssystem Kabinen sowohl horizontal, als auch vertikal zu bewegen.

In diesem Fall würde der Horizontalantrieb wie gehabt gewährleistet. Der Vertikaltrieb würde über an der Seite der Kabine angebrachte kammartige Magnetjoche und im Schacht durchgehend montierten LSM Statoren erfolgen. Diese wären in stehender (BEILIM, siehe Folie Motorvarianten)-Ausführung 3 reihig realisiert.

Zu Lösen wäre die Umsetzung vom Vertikal- in den Horizontalbetrieb, die mechanische Führung sowie Sicherheitsaspekte.

Diese Version wäre, mit den vorher erwähnten Einschränkungen, ein- oder zweigleisig möglich.

**Der gesamte Antrieb und die Steuerung erfolgt in allen Varianten zentral über die Strecke, die Kabinen wären führerlos und passiv.**



# Auslegungsannahmen

---



	<b>Einspurig</b>	<b>Zweispurig</b>
<b>Kabinen:</b>		
Kapazität:	40 Personen	20 Personen
Masse:	7000kg	45000kg
<b>Liftrahmen: (Linear)</b>		
Aufbau:	zwei Ebenen	eine Ebene
Masse:	6000kg	4500kg
<b>Horizontalstrecke</b>		
Vmax:	15m/s	
Amax	1m/s <sup>2</sup>	
<b>Vertikalstrecke</b>		
Vmax:	15m/s	
Amax	1m/s <sup>2</sup>	
<b>Fahrzeit:</b>		
Für jede Strecke	ca. 80 bis 100s	
	zuzüglich 2 x 20s Umsetzzeit	
Gesamt	ca. 280s bis 360s	





# Der Linearmotor

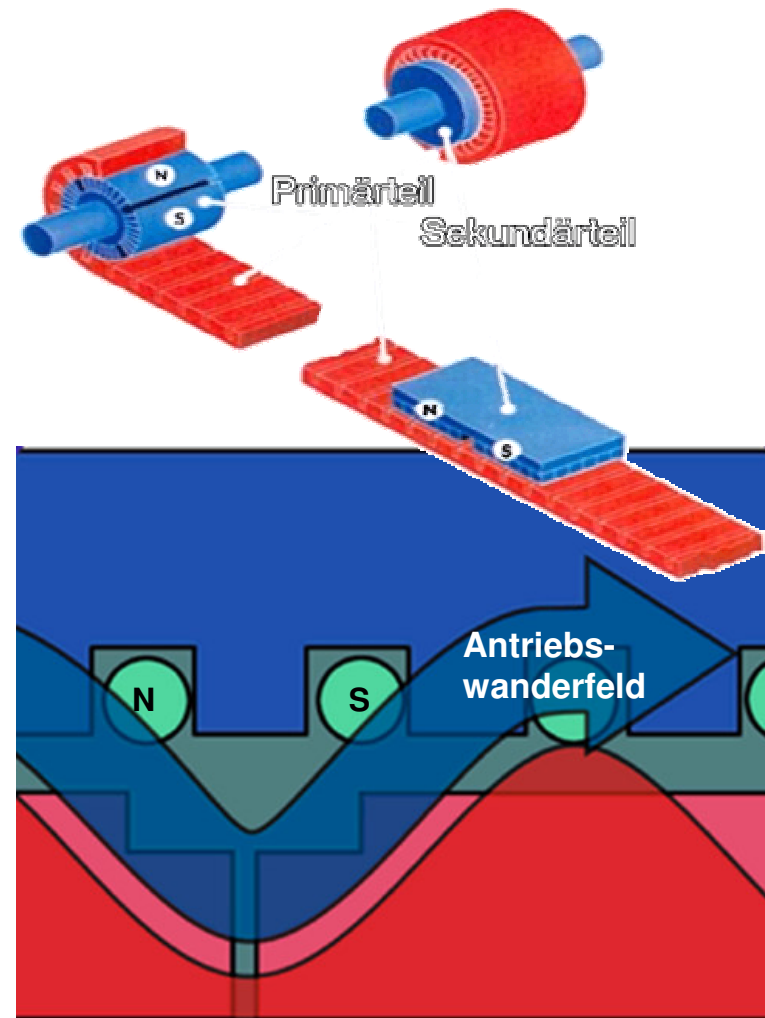
Ein Linearmotor kann als „abgewickelter“ herkömmlicher rotierender Elektromotor betrachtet werden.

Eine elektronische Steuerung erzeugt ein wanderndes elektromagnetisches Feld über dem Primärteil (Stator), das sehr starke Permanentmagnete (bei Synchronmotoren) des Sekundärteils in Längsrichtung berührungslos über den Stator „hinwegzieht“.

Beim Langstator Synchronmotor ist die gesamte Strecke mit Statoren bestückt. Der Sekundärteil ist an einem Fahrzeug befestigt und treibt dieses an.

Der Sekundärteil kann mit hoher Kraft beschleunigt werden, lässt sich präzise abbremsen und positionieren und arbeitet dabei weitgehend geräuschlos und verschleißfrei.

Die Sekundärteile sind völlig passiv und benötigen keinerlei Stromzufuhr.



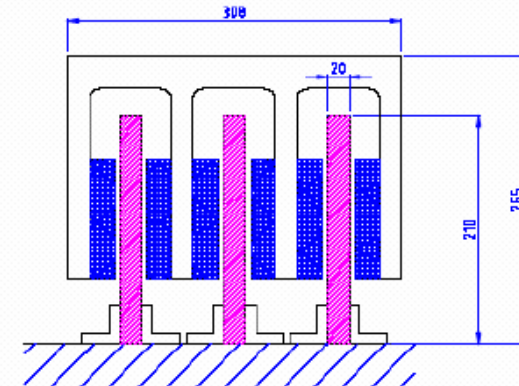
# Antriebsvarianten

## 1. Stehende 3-reihige SLIM Anordnung für den Vertikaltrieb

Im Schacht sind auf beiden Seiten in Längsrichtung jeweils 3 Reihen SLIM Statoren über die gesamte Schachtlänge stehend angebracht. Diese treiben das am Liftrahmen (oder der Kabine) seitlich befestigte Magnetjoch nach oben oder unten.

Durch die beidseitige Überdeckung mit Magneten (Beilim Anordnung) liefert diese Anordnung in etwa den doppelten Schub wie herkömmlich (flach) angeordnete Statoren.

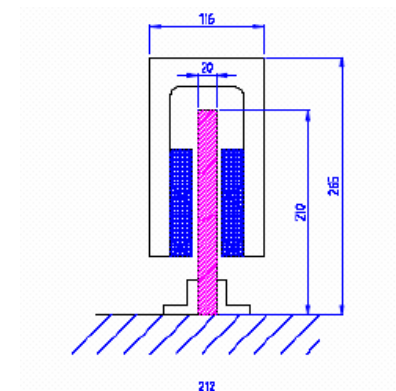
Magnetjoch, an der Kabinenseite befestigt



Stehende SLIM Statoren

## 1. Stehende 1-reihige SLIM Anordnung für den Vertikaltrieb

Am Tunnelboden sind über die gesamte Strecke einreihig stehende SLIM Statoren verteilt. Am Kabinenboden befindet sich ein U-förmiges Magnetjoch, das die Kabine vertikal antreibt. Hier wäre unter Umständen auch eine flach liegende (einseitige) Statorausführung denkbar.



# Sicherheit

---



Linearantriebe arbeiten berührungslos und deshalb weitgehend verschleiß- und wartungsfrei

Linearantriebe sind sehr unabhängig von den Umgebungsbedingungen und können auch bei großer Verschmutzung (sogar unter Wasser) und bei extremen Temperaturen eingesetzt werden.

Einziges verschleißbehaftetes Teil sind das mechanische Führungssystem der Kabinen.

Durch den Kurzschluß der Statoren im energielosen Betrieb (Stromausfall) erfolgt auch hier eine stark bremsende Wirkung. Der Antrieb kann deshalb als weitgehend “fail save” betrachtet werden.

Trotzdem ist eine Notbremseinrichtung (wie auch bei konventionellen Liftsystemen) zusätzlich nötig. Wir würden hier ein kombiniertes mechanisches und magnetisches Bremssystem vorschlagen, wie es sich im Achterbahnbau bestens bewährt hat.

Ein Rettungslift wäre, wie in der Konventionellen Lösung zusätzlich nötig.

Die gesamte Steuerung und Versorgung des Antriebs erfolgt zentral über die Strecke.

Da im Schacht durchgehenden Seile nicht mehr notwendig sind, könnte der Liftschacht im Brandfall leicht abgeschottet werden.

Die Permanentmagneten werden von Intrasys seit Jahren in äußerst sicherheitsrelevanten Bereichen (z.B. als Bremsen in Amusement-Falltürmen) eingesetzt und unterliegen keinerlei Alterung.



# Abschätzung der Projektkosten

---

**1. Einspurig, vier Fahrzeuge, vertikalbetrieb mit Linearmotor in Liftrahmen.**

Grobe Schätzkosten ca. 15 bis 18 Mio Euro

**2. Einspurig, vier Fahrzeuge, nur Horizontalbetrieb (ohne Liftkosten)**

Grobe Schätzkosten ca. 5,5 bis 7 Mio Euro

**3. Komplette zweisepurig, vier oder sechs Fahrzeuge, Vertikalbetrieb mit Linearmotor in Liftrahmen.**

Grobe Schätzkosten ca. 30 bis 33 Mio Euro

**4. Kombinierte Horizontal- Vertikallösung ohne Liftrahmen**

etwa gleiche Kosten wie 1. oder 3. nach Ausführung, vorbehaltlich technischer und sicherheitstechnischer Realisierbarkeit



# Allgemein: Lineare Antriebstechnik



## Warum lineare Antriebstechnik

Lineare Antriebstechnik erfüllt höchste Anforderungen an Sicherheit, Zuverlässigkeit und Wartungsfreiheit.

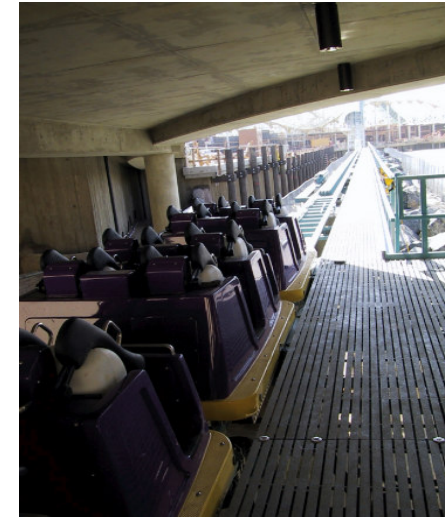
Lineare Antriebstechnik kann unter extremen äußeren Umweltbedingungen und sogar unter Wasser eingesetzt werden

Lineare Antriebe arbeiten berührungslos ohne Reibung, Verschleiß und Spiel

Linearantriebe sind für sehr hohe Kräfte (bis 200kN) und hohe Geschwindigkeiten (bis 50m/s) bestens geeignet.

Leistungsfähige Sensorik und modernste Steuerungstechnik erlaubt präzise Beschleunigungsprofile und exakte Positionierung

Die Steuerung erfolgt zentral über die Strecke, die bewegten Sekundärteile sind absolut passiv ohne Sensorik oder Elektronik



# Referenzen (Auszug)



**Intrasys Prolim LIM- und LSM-Antriebe** beschleunigen weltweit in mehr als 25 Projekten bei Achterbahnen, Transport- und Fördersystemen, Liftsystemen und in automatischen Parkhäusern.



**Speziell:** LSM Antrieb für einen Lastenaufzug mit sehr hoher Antriebskraft.

**Prolim Wirbelstrombremsen** sind weltweit in mehr als 100 Achterbahnen und Falltürmen im täglichen Einsatz. Es wurden bisher mehr als 35t Nd-Fe Permanentmagnete verbaut.

