

Version: 16.04.2021

#Schwebebahn, # Straßenbahn, # Stadtbahn # U-Bahn, # Regionalbahn, # Streckenerweiterung
#Streckenausbau, # Streckenreaktivierung, #Streckenstilllegung, # Flächenfraß, #ökologischer
Fußabdruck, #Verkehrswende

Aspekte zum Betrieb von

DIGITAL GESTEUERTEN SCHWEBEBAHNEN

- first summary -

Kabinen/ Module/ Pods

Stationen

Strecken

Impressum

PRT (Personal Rapid Transit), GRT (Group Rapid Transit) und SMT (Smart Mass Transit) können den ÖPNV revolutionieren. Diese Ausarbeitung bietet einen Zugang zum Thema.
Siegfried Wohlfahrt

Module/ Pods/ Fahrzeuge

Anforderungen:

- **Barrierefrei:** Die Fahrt, Ein- und Aussteigen sollte stets einfach und sicher sein, auch wenn Rollstuhl, Rollator, Kinderwagen und Gepäck dabei sind.
- **Komfort:** Möglichst viele Sitzplätze für hohen Komfort.
- **Mobilitätsansprüche/ Wünsche/ Bedürfnisse** beachten:
Genügend Raum für persönliche Dinge, Einkäufe, Reisegepäck, Strandgepäck , u.s.w..
Genügend Raum für zum Beispiel einen Familienausflug (1 Elternteil +1 Kind + 2 Fahrräder).
Genügend Raum auch dafür, daß sich die Fahrgäste nicht eingeeengt fühlen. Eine Fahrt, auch zusammen mit (fremden) Mitreisenden wird angenehmer.
- **Sauberkeit**
- **Robuste und wartungsarme Bauweise** (...weil die Anzahl sehr groß ist)

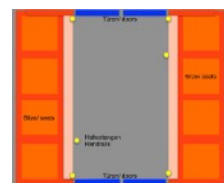
Diese Anforderungen werden vom Modul/ Pod „Standard“, erfüllt.

Breite: 200 cm

Länge: ca. 250 cm

Kapazität: 16 Fahrgäste

8 Sitzplätze, 8 Stehplätze, bzw. 2 Fahrräder etc., = 16 Fahrgäste



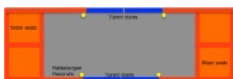
*** bestes Verhältnis von Sitz- und Stehplätzen***

Berechnung:

Sitz (60 cm) + Fußraum (15 cm) = 075 cm X 2 = 150 cm + Mehrzweckfläche (100 cm).

Dieses Modul ist tauglich für Fahrzeuge im PRT/ GRT/ SMT und für Fahrzeuge und Züge auf Schwebbahn-Hauptlinien, für maximale Kapazitätsauslastung der Stecke.

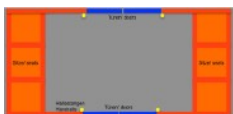
Bei schmalen Varianten wird die Mehrzweckfläche in Fahrtrichtung gedreht
Das Verhältnis Sitzplatz/ Stehplatz verändert sich zu Ungunsten von Sitzplätzen



Breite: ca. 100 cm,

Länge: ca. 350 cm

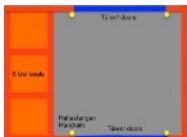
4 Sitzplätze, 8 Stehplätze, bzw. Mehrzweck, 12 Fahrgäste



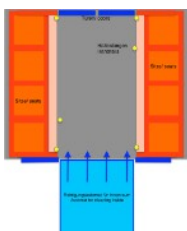
Breite: ca. 150 cm,

Länge: ca. 350 cm

6 Sitzplätze, 12 Stehplätze, bzw. Mehrzweck, 18 Fahrgäste



Module/ Pods diverser Planer/ Hersteller werden mit drei oder vier Sitzplätzen in verschiedenen Positionen dargestellt. Auf einer Fläche davor, oder einer Fläche, die durch Wegklappen von Sitzen entsteht, haben ein Fahrrad oder ein Rollstuhl Platz. Durchgängig barrierefrei?



Maschinelle Reinigung möglich !

Die Maße der Mehrzweckfläche ergeben sich aus den Maßen der mitzunehmenden Gegenstände.

Hier wird sie mit 100 cm X 200 cm angenommen.

Ein Fahrrad ist etwa 200 cm lang, es passt gut auf die Mehrzweckfläche in der Kabine.

Genügend Raum für einen Familienausflug (1 Elternteil +1 Kind + 2 Fahrräder).

Genügend Raum für Kinderwagen, Rollatoren und Rollstühle (mit etwa 60 cm bis 80 cm Breite)

Verschmutzung der Kleidung von Mitreisenden kann weitestgehend vermieden werden.

Anmerkung:

Mehrzweckflächen, die erst durch Umbau der Sitze (hochklappen, verschieben) die gewünschte Barrierefreiheit bieten, sind unbrauchbar.

Mit kleineren Mehrzweckflächen sind die Kabinen nicht mehr barrierefrei!

Mit kleineren Mehrzweckflächen sind die Kabinen nicht mehr familienfreundlich.

Mit kleineren Mehrzweckflächen kann der Fahrgastwechsel ungünstig beeinflusst werden.

Die Größe der Module/ Pods/ Fahrzeuge ergibt sich aus Breite der Mehrzweckfläche, beziehungsweise der Anzahl der Sitzplätze (200 cm - 4 Sitzplätze, 250 cm - 5 Sitzplätze), auch das Profil der Strecke spielt eine Rolle.

Die Sitzplätze sind in Reihen quer zur Fahrtrichtung angeordnet. Die Mindestanzahl sind vier Sitzplätze nebeneinander (200 cm). Fünf Sitzplätze nebeneinander (250 cm) können ebenfalls diskutiert werden.

Die Sitzplätze werden mit 50 cm Breite angenommen (andere: ab 42,5 cm). (Komfort!)

Die Sitztiefe wird mit 60 cm angenommen.

Der Fußraum wird mit 15 cm angenommen.

Die Kabinenhöhe (innen) sollte mindestens 220 cm sein.

Sicherheit: Haltestangen- und Schlaufen und sorgen für den sicheren Halt der Fahrgäste.

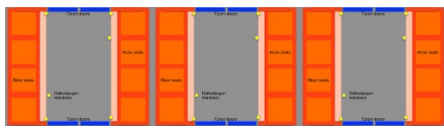
Die Kabine sollte bei Blitzschlag sicher sein.

Die Modul/ Pod/ Fahrzeugbreite sollte in einem System stets gleich sein.

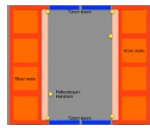
Sollen Stationen im Straßenbereich angelegt werden, ist eine Breite von etwa 220 cm (Außenmaß) günstig. Dann paßt das Fahrzeug in eine Station, die z. B. in einem Parksteifen neben der Straße angelegt ist.

Es werden Pods entwickelt, die sich mittels Hydraulik oder Seilen in die Stationen absenken. Neben der zusätzlichen Technik und Mechanik, die auch ein zusätzliches Gewicht bedeutet, ist die aufwändige Pflege der Sicherheit zu beachten. Die Absenkeinrichtung muß die Pods immerhin mindestens fünf Meter absenken und auch wieder heben.

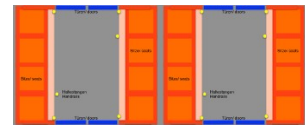
Ein Fahrzeug kann aus mehreren Modulen gebaut sein, mehrere Fahrzeuge, auch unterschiedlicher Größe, können einen Zug bilden.



Triple
Fahrzeug aus 3 Modulen



Single
Fahrzeug aus 1 Modul



Double
Fahrzeug aus 2 Modulen



Zug aus zwei Fahrzeugen mit jeweils 3 Modulen

Vergleichswerte

Zum Vergleich einige Werte (ohne Gewähr)

Stadtbahnwagen „B“	183 Fahrgäste, 72 Sitzplätze, 111 Stehplätze
Straßenbahn „Four City Smart“ (Skoda)	180 Fahrgäste, 72 Sitzplätze, 108 Stehplätze
Standardlinienbus	ca. 80 Fahrgäste, 30-35 Sitzplätze, 50-65 Stehplätze
Standardgelenkbus	ca. 150 Fahrgäste, 50-55 Sitzplätze, 90-110 Stehplätze

Standpunktunterschiede

Die Berechnung der Sitzplatzbreite schwankt je nach Hersteller zwischen 42,5 cm und 50 cm.
Die Berechnung der Stehplatzgröße schwankt je nach Hersteller zwischen 35cm X 35 cm und 50 cm X 50 cm.

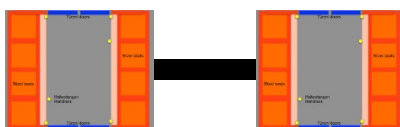
Sky- Fahrzeuge

Fahrgastkapazität

Single	16 Fahrgäste	8 Sitzplätze,	8 Stehplätze
Double	32 Fahrgäste	16 Sitzplätze,	16 Stehplätze
Triple	48 Fahrgäste	24 Sitzplätze,	24 Stehplätze
Quattro	64 Fahrgäste	32 Sitzplätze,	32 Stehplätze

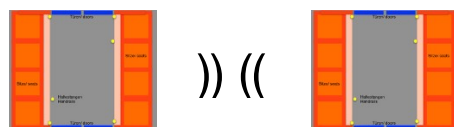
Fahrzeuggrößen

Single	Länge ca. 400 cm
Double	Länge ca. 700 cm
Triple	Länge ca. 1000 cm
Quattro	Länge ca. 1300 cm



fester

oder



loser Verband

Einsatz

Für das Segment **Personal Rapid Transit (PRT)** und **Group Rapid Transit (GRT)** sind Singlefahrzeuge am besten geeignet. Der Abstand der Fahrzeuge untereinander kann auf einem Streckenabschnitt nur wenige Sekunden betragen. Bedarfsgerechte Fahrzeugeinsätze werden mit Unterwegsdepots, zum Beispiel in den Stationen, geregelt und sichergestellt. Umsteigen sollte im GRT eine Option sein.

Für das Segment **Massentransit (MT)** ab etwa 5000 Fahrgästen pro Stunde auf einem Streckenabschnitt, (bei Standard-Pod) werden Double-, Triple- und größere Fahrzeuge benötigt. Der minimale Fahrzeugabstand auf der Strecke ist dann größer.

Auf höchstfrequentierten Hauptlinien mit unabhängiger Umgebungsstruktur (Stationen) können auch sehr lange Züge fahren. (z.B. Züge aus 8 Triplefahrzeugen = ca 90 Meter, 384 Fahrgäste, entsprechend einer Stadtbahn Doppeltraktion (360 Fahrgäste).

In verkehrsschwächeren Zeiten können Fahrziele, die nicht in der Linie, aber im Gesamtsystem sind, direkt, ohne Umsteigen, angefahren werden. (PRT/ GRT). Deshalb ist es günstig, auch kleine Fahrzeuge im System zu haben.

Es ist möglich, Fahrten rund um die Uhr anbieten zu können.

Einige Daten für die Beurteilung am Beispiel der Maximalauslastung:

Ein Standard-Gelenkbus wird durch 10 Singlemodule ersetzt. Der Omnibustakt von 10 Minuten wird ersetzt durch

- 10 Fahrzeuge (Single) im Minutentakt. PRT möglich.
- 5 Fahrzeuge (Double) im 2- Minutentakt. PRT fraglich.
- 2 Züge (Triple, in Doppeltraktion) im 5- Minutentakt.

Gelenkbus 160 Fahrgäste 10- Minutentakt- 6 Fahrten = 960 Fahrgäste/h

PRT/ GRT: 16 Fahrgäste X

60 sec = 60 Fahrten/h = 960 Fahrgäste/h

30 sec = 120 Fahrten/h = 1920 Fahrgäste/h

20 sec = 180 Fahrten/h = 2880 Fahrgäste/h

10 sec = 360 Fahrten/h = 5760 Fahrgäste/h

Mut zu kleinen Einheiten / PRT/ GRT

Auf einer Strecke, auf der Singlepods im 10-Sekundenabstand fahren, können maximal 5760 Fahrgäste/h befördert werden.

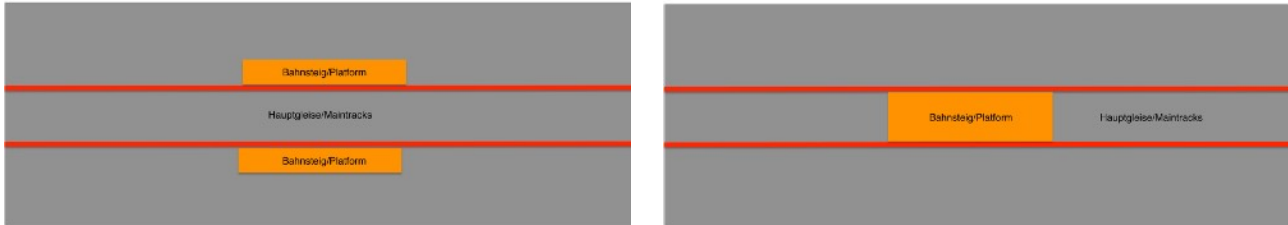
Das entspricht 36 Gelenkbussen, 72 Standardlinienbussen oder 32 Stadtbahnwagen.

Stationen für Sky-Schwebebahnen im MT und PRT/ GRT

Die Stationen sind barrierefrei und haben „Bahnsteigtüren“ (Platform Screen Doors (PSDs)).

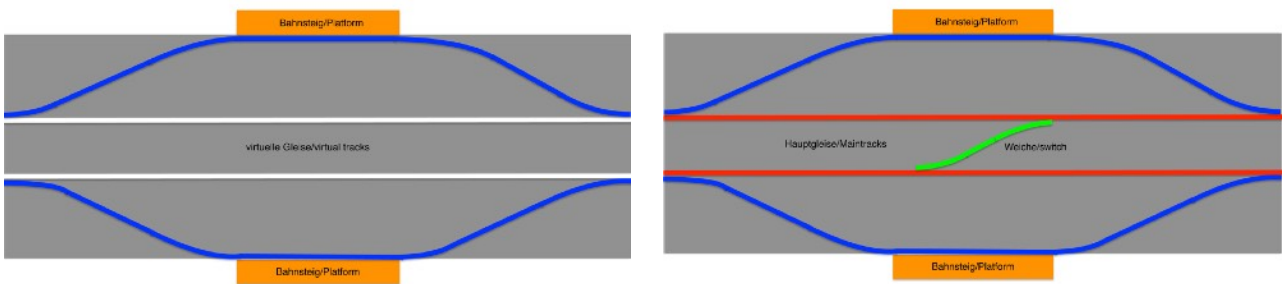
Stationen in der Ebene +1 ohne Zwischenebene sind in etwa 5 Metern Höhe (direkt über dem Straßenverkehr), Stationen mit Zwischenebene sind in etwa acht Metern Höhe.

Station über der Straße oder in einem Gebäude



Mit Seitenbahnsteigen oder Mittelbahnsteig.
Über Straßen geplant, ist der Lichtraum der Straße zu beachten.

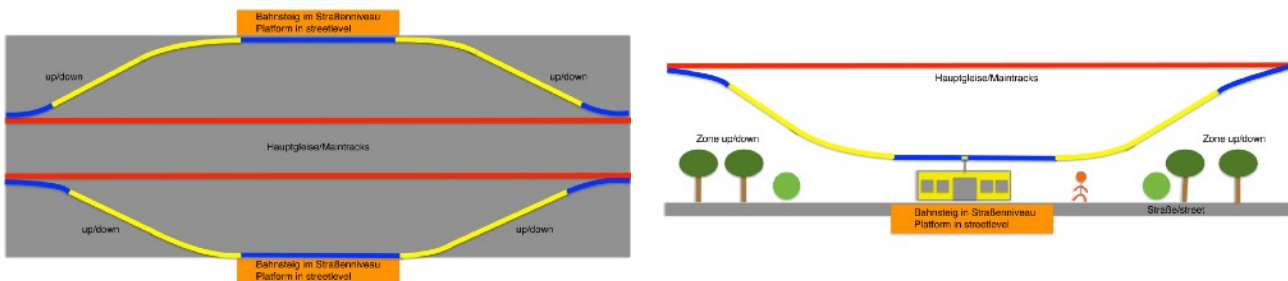
Station, ausgelenkt.



Sie werden in Gebäuden an der Straße, in Bebauungslücken, oder auch über Straßenkreuzungen eingerichtet, der vorhandene Lichtraum kann weitestgehend erhalten werden.

Die Gleise verschwenken seitlich zu den Stationen. Eine weitere Möglichkeit ist das Abbiegen von den Haupt- und Durchfahr Gleisen auf Stationsgleise Bahnsteigen.

Eine Weiche zwischen den Hauptgleisen zum Rangieren sollte in gewissen Abständen vorhanden sein.



Station, ebenerdig

Treppen und Aufzüge werden nicht benötigt. Der Fahrweg in den „up/down-Bereichen“ und in den Stationen ist für den ausschließlichen Betrieb der Bahn vorzusehen und für andere Verkehre zu sperren (Kollisionsgefahr). Der vorgegebene Lichtraum kann weitestgehend erhalten bleiben. Sie sind für die Fahrgäste leichter zu erreichen und bieten eine bessere Übersicht – keine Aufzüge, keine dunklen Ecken.

Stationen für PRT/ GRT

Die Stationen sind barrierefrei und haben „Bahnsteigtüren“ (Platform Screen Doors (PSDs)).

Stationen mit Zwischenebene sind etwa in acht Metern Höhe, ohne Zwischenebene in etwa fünf Metern Höhe. Zu bevorzugen sind allerdings ebenerdige Stationen. Sie sind für die Fahrgäste leichter zu erreichen und bieten eine bessere Übersicht- keine Aufzüge, keine dunklen Ecken. Sie haben Hauptgleise (Durchfahrtgleise) und Stationsgleise.

Pods halten nur auf Anforderung.

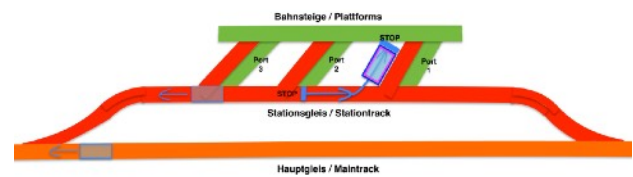
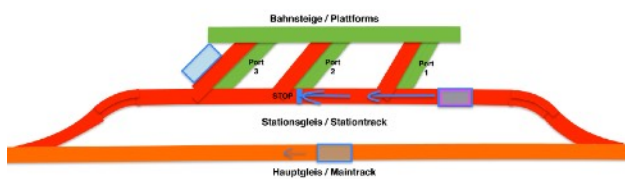
Von den Hauptgleisen werden die Pods über die Stationsgleise in die Haltepositionen geführt. Diese können auf dem Stationsgleis, oder in Haltebuchten sein.

Um Staus und Störungen zu vermeiden, sind so viele Haltepositionen vorzuhalten, wie Pods während eines Haltevorgangs in die Station einfahren könnten. Dauert ein Haltevorgang zum Beispiel 30 Sekunden, können bei einem Fahrzeug-Streckenabstand von 10 Sekunden in dieser Zeit noch 3 weitere Pods in die Station einfahren. Es werden bis zu vier Haltepositionen benötigt. Ist der Fahrzeugabstand größer als 30 Sekunden, genügt eine Position, beziehungsweise das Stationsgleis.

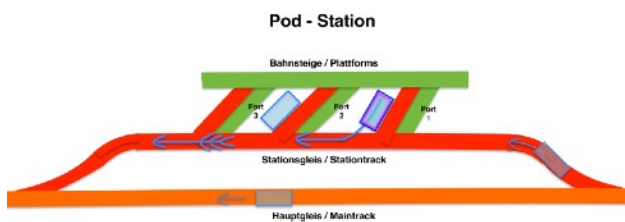
Fazit: Eine größere Fahrtendichte verlangt größere Stationen.

Mit Haltebuchten ist das Management der einfahrenden, wartenden und ausfahrenden Pods am besten. So ist es möglich, allen einfahrenden Pods einen Halteplatz zuzuweisen und stets ein Fahrzeug zum Fahrtantritt vorzuhalten. Können keine Haltebuchten angelegt werden, können Wartezeiten dadurch entstehen, daß erst ein Pod aus einer entfernten Haltebucht für die angeforderte Fahrt kommen muß.

An den Schutz vor Vandalismus ist zu denken.

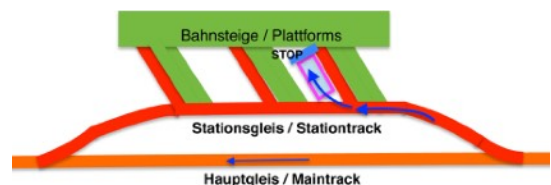


Die Pods bremsen erst im Stationsgleis ab und fahren langsam rückwärts in die Haltebucht.

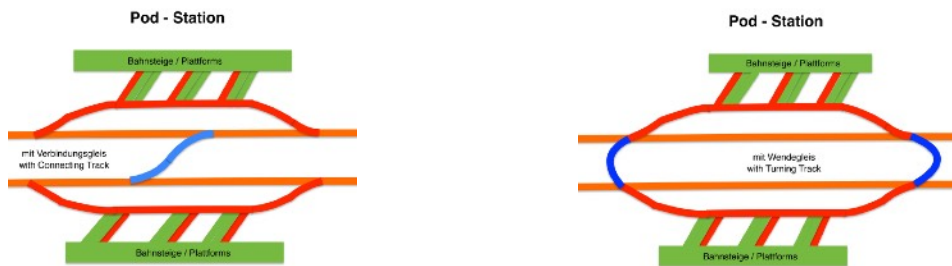


Vorwärts starten sie aus der Haltebucht, und werden dann über das Stations-/ Beschleunigungsgleis in das Hauptgleis eingefädelt.

Fahren die Pods direkt in in die Haltebucht, besteht die Gefahr, daß bei technischen Störungen der Pod in die Begrenzung am Ende der Haltebucht kracht. (Brickwall)



Der kleinst-mögliche Fahrzeug-Streckenabstand wird mit zwei Sekunden angegeben. Selbst bei einem 5-Sekundenabstand der Fahrzeuge gibt es somit genügend Zeit und Raum, um einen ausfahrenden Pod in das Steckengleis einzufädeln und anzugleichen.



Um eine gute Distribution der Fahrzeuge zu gewährleisten, sind Verbindungsgleise bei Zweirichtungsfahrzeugen und Wendegleise bei Einsatz von Einerichtungsfahrzeugen notwendig.

Stationen: Weitere Gesichtspunkte

Stationen sollten den Lichtraum der Straße nicht zu sehr in Anspruch nehmen.

Stationen über Straßen können im vorhandenen, gewachsenen Siedlungsbild zu massiv wirken. Anwohner wehren sich gegen das „20- Meter- Monster“ über ihrer Straße. Es nimmt ihnen das Licht vor und in ihren Häusern, darunter ist es dunkel und gefühlt lebensfeindlich. Es ist einer der Gründe, warum Verkehr in der Ebene + 1 bisher abgelehnt wurde.

Wird die Stationen auf Straßenniveau, zum Beispiel im Bereich von seitlichen Parksteifen an der Straße angelegt, sollten die Fahrzeuge nicht breiter als etwa 220 cm sein und sie sollten zur Platzersparnis in der Station Schiebetüren haben.

Stationen einer Strecke sollten bestenfalls gegenüber angelegt werden. Wenn der Fahrgast einmal zurückfahren muß, sollte das nicht mit allzu viel Zeitverlust geschehen können.

Es wird normalerweise kein Personal für den Fahrbetrieb an den Stationen benötigt. (Beispiel Skytrain Düsseldorf)

Strecke

- Die Größe der Fahrzeuge und die Belastung mit der Anzahl der Fahrzeuge beeinflusst die Dimensionierung des Fahrgerüsts. Leichte Pods erlauben filigrane Fahrgerüste.
- Der „Fußabdruck“, der Platzbedarf ist nur mit den Stützen sehr klein. (#Landverbrauch).
- Alles kann überschwabt werden: Unwegsames Gelände, Gewässer, Biotope, Wiesen, Wald und Felder, Straßen, Bahnlinien, Gebäude u.s.w...
- Es gibt keine Trennwirkung zwischen rechts und links der Trasse. Vorhandene Strukturen und Nutzungen an der Strecke und in der Umgebung werden größtenteils nicht beeinflusst.
- Die normale Fahrhöhe (Unterkante Fahrzeug) bei Strecken mit Stationen ohne Zwischenebene liegt bei etwa fünf Metern, bei Stationen mit Zwischenebene bei etwa acht Metern. Die Trassen können (auch durchgängig) niedriger (Kollisionsgefahr mit anderen Verkehren) oder wesentlich höher angelegt werden. Trassen können in jeder definierten Höhe angelegt werden.
- Strecken sollten stets so angelegt werden, daß die Privatsphäre der Anwohner weitestgehend respektiert wird.
- Die Geräusentwicklung der Bahn ist zwar gering, sollte aber bei der Streckengestaltung berücksichtigt werden. Es kann eine sehr kurze Fahrzeugfolge von nur wenigen Sekunden erwartet werden.
- Niedrige Streckenabschnitte sollten langsamer durchfahren werden, als hohe. Die Menschen, die sich unter der Bahn bewegen, werden diese Regelung begrüßen.
- Verzögerungs- und Beschleunigungsgleise sind entsprechend der Geschwindigkeit und der maximalen Streckenbelegung anzulegen. „Katapultstarts“ sollten vermieden werden.
- Bei Kreuzungen und Verzweigungen stehen je nach Streckenauslastung zwei Systeme zur Verfügung:
Weichenanlagen mit Überwurfgleisen. Es entstehen mehrere Ebenen. Vorteil: hohe Kapazität
Kreisverkehre: Nur eine Ebene. Vorteil: Wirkt nicht so dominant.
- In großen Systemen sollte es „Expressbrücken“ geben. Das sind Skystrecken in einer anderen Ebene mit erheblich höherer Geschwindigkeit. Sie verbinden weit auseinander liegende Systemabschnitte über wenige ausgesuchte Stationen. Dort haben sie Anschluß in die langsamere Ebene.
- Im engmaschigen Kerngebiet, wo die Pods zirkulieren können, genügen teilweise eingleisige Abschnitte. In anderen Gebieten ist von einem strahlenförmigen Streckenbild auszugehen, ein zweigleisiger Streckenausbau ist erforderlich.
- Zumeist hat man in gewachsenen (zum Teil historischen) Städten nur wenige Korridore, um Trassen einzurichten. Das sind zumeist Eisenbahnstrecken und große Straßen, manchmal auch Grünflächen oder Flussufer.
- Streckenausbau, Geschwindigkeit und Streckenbelegung beeinflussen sich untereinander.

Es gibt aber eine besondere Herausforderung: Strecken und Stationen sollten behutsam in die gewachsenen Siedlungsstrukturen eingefügt werden.

In besonderen Umgebungen, wie Flughäfen Hafenanlagen, Ausstellungen, Freizeitparks und „New Towns“ ist es einfach, eine Trasse für die Sky-Bahnen zu finden. Im gewachsenen, zum Teil historischen Siedlungsbild ist dies ungleich schwieriger, man wird mit wenigen Korridoren und Strecken arbeiten müssen. Diese sollen dann auch noch „grazil“, eigentlich unsichtbar sein.

Eine PRT- Trasse reicht bis zu ca. 5000 Fahrgäste pro Stunde.

Auch im ländlichen Bereich kann es schwierig sein, eine Streckenführung zu finden. Geographie, Naturschutz und der respektvolle Umgang mit den Interessen der Anwohner sollen Niederschlag in der Streckenführung finden.

Kann in einem Ort kein Korridor für eine Durchgangsstrecke gefunden werden, kann eine Stichstrecke einen Anschluß bieten. Die Optionen: Umsteigen auf/ von Hauptstrecke (MT) oder direkte Weiterfahrt (PRT).

Es gibt die Möglichkeit, im Schwebbahnsystem Güterverkehre einzurichten.

Diese Seite de: https://www.wohlfahrt-a-s.de/mora_010_75.pdf

This side en : https://www.wohlfahrt-a-s.de/mora_010_77.pdf

Anhangseiten de: https://www.wohlfahrt-a-s.de/mora_010_76.pdf

Appendix en : https://www.wohlfahrt-a-s.de/mora_010_78.pdf

Linkseite/ Links: short: https://www.wohlfahrt-a-s.de/mora_010_79.pdf

regular: https://www.wohlfahrt-a-s.de/mora_010_74.pdf

Impressum:

Siegfried Wohlfahrt

Oedinger Straße 32

D-53424 Remagen

Mail: wohlfahrt-si@t-online.de