



## **DIPLOMARBEIT**

# **Einsatzmöglichkeiten von Seilbahnen als ÖPNV-System im urbanen Raum**

**ausgeführt zum Zwecke der Erlangung des akademischen Grades  
einer Diplom-Ingenieurin unter der Leitung  
von**

**Ass. Prof. Dipl. Ing. Dr. techn. Bardo Hörl**

E2805

Fachbereich Verkehrssystemplanung

**eingereicht an der Technischen Universität Wien**

Fakultät für Architektur und Raumplanung

von

**Stefanie Wagner**

0525867

Mostgasse 12/5, 1040 Wien

Wien, am 31.05.2012

Ich habe zur Kenntnis genommen, dass ich zur Drucklegung meiner Arbeit unter der Bezeichnung

## **DIPLOMARBEIT**

nur mit der Bewilligung der Prüfungskommission berechtigt bin.

Ich erkläre weiters an Eides statt, dass ich meine Diplomarbeit nach den anerkannten Grundsätzen für wissenschaftliche Abhandlungen selbstständig ausgeführt habe und alle verwendeten Hilfsmittel, insbesondere auf die zugrunde gelegte Literatur genannt habe.

31.05.2012

# Inhaltsverzeichnis

ZUSAMMENFASSUNG .....	1
ABSTRACT .....	2
1 Einleitung.....	3
2 Begriffsdefinitionen und rechtliche Grundlagen von Seilbahnen .....	5
2.1 Begriff Seilbahn .....	5
2.2 Definition Seilschwebebahn.....	9
2.2.1 Pendelbahn .....	10
2.2.2 Umlaufbahn .....	11
2.3 Definition Standseilbahn .....	12
2.3.1 Pendelbahn .....	14
2.3.2 Umlaufbahn .....	15
3 Historische Entwicklung von Seilbahnen und deren Einsatzbereiche .....	17
3.1 Geschichte der Seilbahnen.....	17
3.2 Entwicklung der Einsatzbereiche von Seilbahnen im Personenverkehr .....	20
3.2.1 Alpine Seilbahnsysteme .....	20
3.2.2 Urbane Seilbahnsysteme .....	20
3.3 Seilbahnen als ÖPNV-System im urbanen Raum .....	21
3.3.1 Seilschwebebahnen .....	22
3.3.2 Standseilbahnen.....	23
4 Merkmale von Seilbahnsystemen und deren Anforderungen für den ÖPNV-Einsatz ....	26
4.1 Bevölkerungsdichte und Stadtgröße .....	26
4.2 Nachfrage .....	27
4.3 Topografie.....	29
4.4 Betriebsformen .....	30
4.5 Linienlänge.....	31
4.6 Haltestellendichte .....	32
4.7 Vernetzbarkeit.....	33
4.8 Bauzeit .....	35
5 Methodik der Analyse zur Einsetzbarkeit von Seilbahnen als ÖPNV-Systeme im urbanen Raum.....	36
5.1 Ermittlung der relevanten Seilbahnsysteme und der Vergleichssysteme des herkömmlichen ÖV (Schritt 1) .....	36
5.2 Analyse von Seilbahnsystemen und herkömmlichen ÖPNV-Systemen an Hand verschiedenster Aspekte und Indikatoren (Schritt 2) .....	37
5.2.1 Verkehrliche Aspekte .....	38
5.2.2 Wirtschaftliche Aspekte .....	39
5.2.3 Umweltaspekte .....	40
5.2.4 Rechtliche Aspekte.....	41
5.2.5 Städtebauliche Aspekte.....	41
5.2.6 Soziale Aspekte.....	41

5.3	Vergleich und Bewertung aller betrachteten Systeme (Schritt 3)	43
6	Relevante Seilbahnsysteme für den ÖPNV-Einsatz im urbanen Raum und herkömmliche ÖV-Systeme	45
6.1	Relevante Seilbahnsysteme	45
6.2	Vergleichbare herkömmlichen ÖPNV-Systeme	46
7	Analyse von Seilschwebbahnen im Pendelbetrieb am Beispiel Portland Aerial Tram	48
7.1	Verkehrliche Aspekte:	48
7.1.1	Geschwindigkeiten	48
7.1.2	Leistungsfähigkeit	49
7.1.3	Verkehrssicherheit	49
7.2	Wirtschaftliche Aspekte	50
7.2.1	Investitionskosten	50
7.2.2	Betriebskosten	51
7.3	Umweltaspekte	53
7.3.1	Energiebedarf	53
7.3.2	CO <sub>2</sub> -Emissionen	53
7.3.3	Bodenverbrauch	54
7.4	Rechtliche Aspekte	55
7.5	Städtebauliche Aspekte	56
7.5.1	Einfluss der Infrastruktur auf das Stadtbild	56
7.5.2	Architektonische Qualität	57
7.6	Soziale Aspekte	58
7.6.1	Akzeptanz	58
7.6.2	Barrierefreiheit	59
8	Analyse von Seilschwebbahnen im Umlaufbetrieb am Beispiel der Aerial Tramway, Rio de Janeiro	60
8.1	Verkehrliche Aspekte	61
8.1.1	Geschwindigkeit	61
8.1.2	Leistungsfähigkeit	62
8.1.3	Verkehrssicherheit	62
8.2	Wirtschaftliche Aspekte	62
8.2.1	Investitionskosten	62
8.2.2	Betriebskosten	64
8.3	Umweltaspekte	65
8.3.1	Energiebedarf	66
8.3.2	CO <sub>2</sub> -Emissionen	66
8.3.3	Bodenverbrauch	66
8.4	Rechtliche Aspekte	68
8.5	Städtebauliche Aspekte	68
8.5.1	Einfluss der Infrastruktur auf das Stadtbild	68
8.5.2	Architektonische Qualität	69
8.6	Soziale Aspekte	69

8.6.1	Akzeptanz.....	69
8.6.2	Barrierefreiheit.....	70
9	Analyse von Standseilbahnen im Pendelbetrieb am Beispiel CLS Venedig .....	71
9.1	Verkehrliche Aspekte.....	72
9.1.1	Geschwindigkeit .....	72
9.1.2	Leistungsfähigkeit.....	72
9.1.3	Verkehrssicherheit.....	73
9.2	Wirtschaftliche Aspekte .....	74
9.2.1	Investitionskosten .....	74
9.2.2	Betriebskosten.....	75
9.3	Umweltaspekte .....	76
9.3.1	Energiebedarf .....	76
9.3.2	CO2-Emissionen .....	76
9.3.3	Bodenverbrauch .....	76
9.4	Rechtliche Aspekte .....	77
9.5	Städtebauliche Aspekte.....	77
9.5.1	Einfluss der Infrastruktur auf das Stadtbild .....	77
9.5.2	Architektonische Qualität.....	78
9.6	Soziale Aspekte .....	78
9.6.1	Akzeptanz.....	78
9.6.2	Barrierefreiheit.....	79
10	Einsatzmöglichkeiten von Seilbahnen als ÖPNV-Systeme: Vergleich und Bewertung von Seilbahnen mit den ÖPNV-Systemen Straßenbahn und Linienbus .....	80
10.1	Analyse der herkömmlichen ÖPNV-Systeme Straßenbahn und Linienbus .....	80
10.1.1	Verkehrliche Aspekte .....	80
10.1.2	Wirtschaftliche Aspekte .....	83
10.1.3	Umweltaspekte .....	86
10.1.4	Rechtliche Aspekte.....	87
10.1.5	Städtebauliche Aspekte.....	88
10.1.6	Soziale Aspekte.....	88
10.2	Vergleich der unterschiedlichen Systeme .....	89
10.3	Einsatzmöglichkeiten von Seilbahnen als ÖPNV-Systeme im urbanen Raum .....	98
11	Resümee.....	102
	Quellenverzeichnis .....	106
	Abbildungsverzeichnis .....	110
	Tabellenverzeichnis .....	110

## ZUSAMMENFASSUNG

Die Verwendung von Seilbahnen durch den Menschen hat lange Tradition. So werden Seilbahnen seit Urzeiten zum Transport von Gütern, Tieren und Menschen verwendet. Neben dem heutigen Haupteinsatzbereich im Personentransport im alpinen Raum, wächst in den letzten Jahren das öffentliche Interesse an der Errichtung von Seilbahnen im urbanen Raum.

Ziel dieser Arbeit ist es, die Einsatzmöglichkeiten von Seilbahnen als ÖPNV-Systeme im urbanen Raum zu ermitteln. Anhand einer Analyse der Seilbahnsysteme und eines anschließenden Vergleichs mit herkömmlichen öffentlichen Verkehrsmitteln werden ideale Einsatzgebiete für die betrachteten Seilbahnen abgeleitet.

Die Betrachtung der rechtlichen Grundlagen in Österreich sowie die unterschiedlichen Seilbahnsysteme die Bandbreite der technischen Systeme. Aus der historischen Entwicklung von Seilbahnen können weiters die Einsatzbereiche im Personentransport gezeigt werden. Seilbahnen als ÖPNV-Systeme im urbanen Raum besitzen bestimmte betriebliche Merkmale und Anforderung, die sich durch die Nachfrage, die Topografie, die Betriebsform, der Linienlänge, der Haltestellendichte, Vernetzbarkeit und der Bauzeit definieren lassen. Aus diesen Merkmalen und Anforderungen werden die Hauptseilsysteme für den ÖPNV-Einsatz im urbanen Raum ermittelt. Weiters werden daraus die relevanten herkömmlichen öffentlichen Verkehrsmittel, die Seilbahnen in der Stadt ersetzen könnten, für den Vergleich abgeleitet.

Diese Verkehrssysteme (Seilbahnen und herkömmliche öffentliche Verkehrsmittel) werden anhand von eigens gewählten und definierten Aspekten und Indikatoren analysiert. Die Analyse erfolgt dabei mit verkehrlichen, wirtschaftlichen, umweltfreundlichen, rechtlichen, städtebaulichen und sozialen Aspekten und deren jeweiligen Indikatoren.

Die quantitativen und qualitativen Ergebnisse der einzelnen Aspekte und Indikatoren, je Verkehrsmittel, werden einander anschließend in einer Übersichtstabelle gegenübergestellt. Der Vergleich der Ergebnisse zeigt die Stärken und Schwächen von Seilbahnen im ÖPNV-Einsatz. Daraus werden die idealen Einsatzmöglichkeiten von Seilbahnen insgesamt, aber auch der einzelnen betrachteten Seilbahnsysteme ermittelt.

## **ABSTRACT**

People have explored the advantage of cable car systems a long time ago. Since ancient times they have been used to transport goods, animals and people. The main area of passenger transport of cable cars is the alpine region, but in recent years the public interest in the construction of cable cars in urban areas has been growing.

The main aim of this thesis is to point out the capabilities - in terms of chances and limits - of cable car systems as public transport systems (ÖPNV) in urban areas. This is carried out on the basis of an in-depth analysis and in comparison with traditional means of public transportation.

First, suitable types of cable cars have to be determined based on the requirements and criteria of cable cars as public transport systems. Hence, the author analyzes at competing traditional modes of public transportation, which could be replaced by cable cars in the city. Each relevant transportation system is assessed accurately by means of defined aspects. The analysis is carried out according to traffic-caused, economic, eco-friendly, legal, as regards to urban development and social aspects and factors.

Quantitative as well as qualitative results of all aspects of the individual means of transportation, which are emphasized in context with the given thesis, are then compared with each other. Such comparison of results shall demonstrate the chances and limits of the applicability of cable cars in general as well as their use as public transport systems in urban region.

# 1 Einleitung

Die Bewohner der wachsenden Städte und Ballungsräume sind auf Mobilität im Alltag angewiesen. Steigende Kosten im Verkehr, aber auch klimatische Veränderungen bereiten den Weg für die Entwicklung und den Einsatz neuer ungewöhnlicher Verkehrsmittel. Neben den traditionellen ÖPNV-Systemen: S-Bahn, U-Bahn, Straßenbahn und Linienbus gibt es immer wieder innovative Ideen im Personentransport. So werden zunehmend Seilbahnprojekte im urbanen Raum umgesetzt:

Für die olympischen Sommerspiele 2012 in London wird derzeit eine Seilbahn über die Themse gebaut. In Koblenz wurde eine Seilbahn über den Rhein errichtet. In südamerikanischen Ländern werden laufende neue Seilbahnprojekte realisiert, durch deren Bau ein öffentlicher Verkehr teilweise erst möglich wird.

Dies sind nur einige Beispiele, jedoch zeigt sich, dass Seilbahnen in der Stadt keine fiktiven Zukunftsvisionen mehr sind, sondern im öffentlichen Verkehr in den letzten Jahren immer mehr an Bedeutung und Prestige gewinnen. Seilbahnen, die man ursprünglich vom Wintersport kennt, sollen nun dem öffentlichen Personennahverkehr in Städten dienen. Für welche Einsatzgebiete Seilbahnen jedoch am geeignetsten sind, ist dabei noch zu prüfen.

Ziel dieser Arbeit ist es, die relevanten Seilbahnsysteme für den ÖPNV im urbanen Raum zu analysieren und diese mit konkurrierenden herkömmlichen ÖPNV-Systemen zu vergleichen. Die Chancen und Grenzen der Einsatzbarkeit von Seilbahnen als ÖPNV-Systeme im urbanen Raum sollen so abgeleitet werden.

Zunächst soll in Kapitel 2 auf die Begrifflichkeiten von Seilbahnen eingegangen werden. Dabei sollen die verschiedenen Seilbahnsysteme einerseits über die rechtlichen Definitionen und andererseits über deren technischen Systeme dargestellt werden. Die rechtlichen Grundlagen werden dabei in Bezug auf österreichisches Recht erläutert.

In Kapitel 3 wird die historische Entwicklung von Seilbahnen und deren Einsatzbereiche betrachtet. Die geschichtliche Betrachtung soll zeigen, wie und warum Seilbahnen entstanden und welche Einsatzbereiche sich entwickelten. Das Hauptaugenmerk wird dabei auf den Personentransport und in weiterer Folge auf den Einsatz als öffentliches Verkehrsmittel im urbanen Raum gelegt.

In Kapitel 4 wird auf die Merkmale von Seilbahnen und deren Anforderungen im ÖPNV-Einsatz eingegangen. Im Gegensatz zum alpinen Raum, werden nämlich im urbanen Bereich andere Anforderungen an die Bahnen gestellt und sie besitzen daher auch andere technische bzw. betriebliche Merkmale.



Der Hauptteil der Arbeit stellt die Ermittlung der möglichen Einsatzbereiche von urbanen Seilbahnen im ÖPNV dar. Die Methodik für die Erarbeitung der Einsatzbereiche gliedert sich in drei Schritte und wird in Kapitel 5 erläutert. Die grundsätzliche Methodik stützt sich dabei auf den Vergleich der Seilbahnen mit herkömmlichen ÖPNV-Systemen und somit dem Einsatz von Seilbahnen als Alternative zu herkömmlichen öffentlichen Verkehrsmitteln.

Im ersten Schritt sollen die relevanten Seilbahnsysteme für den ÖPNV-Einsatz ermittelt und daraus wiederum jene herkömmlichen ÖPNV-Systeme abgeleitet werden, mit denen Seilbahnen in Städten konkurrieren können.

Im zweiten Schritt werden die Aspekte und Indikatoren definiert anhand derer die Analyse der Systeme erfolgen soll. Die Aspekte, also Themenbereiche, sollen dabei einen Querschnitt der Raumplanung darstellen. Die gewählten Aspekte und deren Indikatoren werden detailliert definiert.

Der dritte Schritt bietet einen Vergleich der einzelnen betrachteten Systeme und der anschließenden Bewertung. Daraus werden die Einsatzmöglichkeiten von Seilbahnen als ÖPNV-Systeme im urbanen Raum abgeleitet.

In Kapitel 6 wird die Wahl an Hand der eingehenden Betrachtung von Kapitel 2 bis 4 der relevanten Seilbahnsysteme und der herkömmlichen ÖPNV-Systeme beschrieben. Die quantitative und qualitative Analyse an Hand der Aspekte und Indikatoren der einzelnen Seilbahnsysteme erfolgt in den Kapiteln 7 bis 9. In Kapitel 10 werden die herkömmlichen ÖPNV-Systeme analysiert, mit den Ergebnissen der Seilbahnsysteme verglichen und die Einsatzmöglichkeiten abgeleitet.

Kapitel 11 soll die Ergebnisse der Arbeit, also die möglichen Einsatzgebiete von Seilbahnen zusammenfassen.

## 2 Begriffsdefinitionen und rechtliche Grundlagen von Seilbahnen

Der Begriff der Seilbahn und Wintersport sind für viele Menschen kaum trennbar. Jeder kennt sie und hat sie auch meist schon im Winter genutzt. Doch die Begriffsbestimmungen und gesetzliche Einordnung sind dabei kaum geläufig. Außerdem werden unter dem Sammelbegriff Seilbahn einige Untertypen vereint, die hier genau dargestellt und rechtlich abgegrenzt werden. Hier soll das System der Seilbahn in seinen verschiedenen Ausprägungen definiert werden und die grundsätzlichen rechtlichen Rahmenbedingungen für Seilbahnen abgegrenzt werden.

### 2.1 Begriff Seilbahn

„Unter dem Begriff Seilbahnen werden alle jene Verkehrsmittel zusammengefaßt, die sich eines Seiles als Zugorgan für die Fahrzeuge oder als Fahrbahn für dieselben bedienen.“<sup>1</sup>

Seilbahnen können die unterschiedlichsten Systemformen und Größen haben, jedoch ist allen gleich, dass die Kabinen bzw. Fahrzeuge keinen eigenen Antrieb brauchen, sondern die Einheiten mittels einer zentralen Antriebsquelle befördert werden.

Die rechtlichen Definitionen von Seilbahnen in Österreich haben sich im Laufe der Zeit kaum geändert, jedoch hat sich die Gesetzesgrundlage verändert. Seilbahnsysteme zählten in Österreich bis zum Jahr 2003 laut Definition zu den Eisenbahnen und wurden somit laut Eisenbahngesetz 1957 abgehandelt. Mit der Herausgabe der EU-Richtlinie 2000/9/EG „Seilbahnen für den Personenverkehr“<sup>2</sup> wurden in Österreich Seilbahnen schließlich in einem eigenen Gesetz, im Seilbahngesetz 2003, verankert.

Der Hauptgrund für den Erlass der **EU-Richtlinie** war vor allem der Wunsch nach einer Harmonisierung der nationalen Regelungen bezüglich Seilbahnen in der europäischen Union. Darunter fallen insbesondere Aspekte der Wettbewerbsfähigkeit der Hersteller, Schutz der Gesundheit der Bevölkerung, Umweltschutz und Verbraucherschutz. Daher wird auf ein gemeinsames Qualitätssicherungskonzept, mit Kontroll- und Überprüfungsverfahren sowie einer einheitlichen Norm gebaut. In den Gründen der EG für den Erlass der Richtlinie wurde explizit auf die Einsetzbarkeit von Seilbahnen im urbanen Raum eingegangen:

---

<sup>1</sup> Czitary 1962, S 1.

<sup>2</sup> EU Richtlinie 2000/9/EG

„Seilbahnen sind in erster Linie Verkehrsanlagen, die in Tourismusorten in Bergregionen eingesetzt werden und Standseilbahnen, Seilschwebbahnen, Kabinenbahnen, Sesselbahnen und Schleppaufzüge umfassen. Es kann sich aber auch um Seilbahnen handeln, die in städtischen Verkehrssystemen eingesetzt werden. Bestimmte Arten von Seilbahnen können auch auf völlig anderen Grundprinzipien beruhen, die sich nicht von vornherein ausschließen lassen. Daher muss es möglich sein, spezifische Anforderungen einzuführen, die den gleichen Sicherheitszeilen Rechnung tragen, wie sie in dieser Richtlinie vorgesehen sind.“<sup>3</sup>

Definitionsgemäß sind Seilbahnen seither laut Seilbahngesetz 2003 weiterhin Eisenbahnen und bei bestimmten rechtlichen Fragen werden Seilbahnen nach Gesetzmaterien des Eisenbahnrechts abgehandelt (Bsp. Enteignungen durch das Eisenbahnteilungsgesetz 1954). Etwaige Überschneidungen mit anderen Gesetzmaterien werden jedoch im Laufe der Arbeit (Rechtliche Aspekte) näher betrachtet und behandelt.

### **SEILBAHNGESETZ 2003**

Seilbahnen werden im Seilbahngesetz 2003 als „[...] Eisenbahnen, deren Fahrtriebmittel durch Seile spurgebunden bewegt werden sowie Schlepplifte“<sup>4</sup> definiert.

In Österreich und im Seilbahngesetz 2003 werden somit folgende Typen von Seilbahnen unterschieden:

- „Standseilbahn“, deren Fahrtriebmittel auf Schienen oder anderen festen Führungen fahren und durch ein oder mehrere Seile bewegt werden;
- Seilschwebbahn, deren Fahrtriebmittel ohne feste Führung von einem oder mehreren Seilen getragen und bewegt werden.
  - o Seilschwebbahnen, deren Fahrtriebmittel ohne Wechsel der Fahrbahnseite zwischen den Stationen bewegt werden (Pendelseilbahnen)
  - o Seilschwebbahnen, deren Fahrtriebmittel auf beiden Fahrbahnseiten umlaufend bewegt werden (Umlaufseilbahnen). Das sind:
    - Umlaufseilbahnen, deren allseits geschlossene Fahrtriebmittel mit dem Seil betrieblich lösbar oder nicht lösbar verbunden sind (Kabinenseilbahnen)

---

<sup>3</sup> Richtlinie 2000/9/EG

<sup>4</sup> SeilbG 2003, § 2

- Umlaufseilbahnen, deren nicht allseits geschlossene Fahr-  
triebsmittel mit dem Seil betrieblich lösbar verbunden sind  
(Sesselbahnen)
  - Umlaufseilbahnen, deren nicht allseits geschlossene Fahr-  
triebsmittel mit dem Seil betrieblich nicht lösbar verbunden  
sind (Sessellifte)
- Schlepplifte, bei denen die mit Skiern oder anderen Sportgeräten auf dem  
Boden gleitenden oder fahrende Personen durch ein Seil bewegt werden
  - Seilschwebbahnen, die im Winter als Schlepplifte betrieben werden (Kombi-  
lifte)
  - Materialseilbahnen mit Werksverkehr oder beschränkt öffentlichem Verkehr<sup>5</sup>

Die zuständige **Behörde** für Konzessions- und Baugenehmigungsverfahren, Betriebsbewilligungen und Überwachung der Einhaltung der Rechtsvorschriften für Standseilbahnen, Pendelseilbahnen und Kabinenseilbahnen ist das Bundesministerium für Verkehr, Innovation und Technologie (BMVIT) zuständig. Das BMVIT kann jedoch diese Aufgaben dem jeweiligen zuständigen Landeshauptmann übergeben.<sup>6</sup>

Das Verfahren für die Planung, Bau und Abriss von Seilbahnen gliedert sich in folgende Abschnitte:

- Konzessionsverfahren
- Prüfung des Bauentwurfs
- Baugenehmigungsverfahren
- Betriebsbewilligungsverfahren
- Überprüfung bestehender Anlagen (alle 5 Jahre)
- Abtragung der Seilbahnanlage

Für den Bau und Betrieb einer Seilbahn ist eine Konzession erforderlich. Im Konzessionsverfahren müssen vom Werber die erforderlichen Unterlagen (Realisierbarkeit der Seilbahn auf Grundlage des Bauentwurfs, Maßnahmen zur Entfernung von Gefahren, das öffentliche Interesse an der Umsetzung, sowie die Rentabilität und die Finanzierung des Projekts) nachgewiesen werden an Hand derer die Gemeinnützigkeit der Anlage festgestellt wird.<sup>7</sup>

---

<sup>5</sup> SeilbG 2003, § 2

<sup>6</sup> Vgl. SeilbG 2003, § 14

<sup>7</sup> Vgl. SeilbG 2003, §§ 21

Die Konzession ist dabei je nach öffentlichen Interesse und technischer Lebensdauer zeitlich beschränkt, wobei diese auch vorzeitig erlöschen kann, z.B. durch Nichteinhaltung der Eröffnungsfrist. Außerdem kann die Konzession dem Betreiber entzogen werden („im Interesse der Sicherheit“).<sup>8</sup>

Bei gegebenen Konzessions- oder Genehmigungsvoraussetzungen, also der Prüfung des Bauentwurfs, kommt es zum Baugenehmigungsverfahren. Der Bauentwurf muss mindesten zwei Wochen in betroffenen Gemeinden aufliegen, wobei die Behörde den Zeitraum auf 1 Woche verkürzen kann. Parteistellung im Baugenehmigungsverfahren haben Bauwerber, Eigentümer der betroffenen Liegenschaften, die Wasserberechtigten und Bergwerksberechtigten. Als betroffene Liegenschaften gelten jene die vom Bau selbst betroffen sind und jene Liegenschaften die sich im Bauverbotsbereich befinden, sowie jene die Veränderungen oder Einschränkungen durch ihre Lage im Gefährdungsbereich unterliegen.<sup>9</sup> Überwiegen die öffentlichen Interessen vor den subjektiven Interessen, sind Einwendungen „[...] unbegründet abzuweisen [...]“.<sup>10</sup> Bei positiver Erteilung einer Baugenehmigung hat der Bauwerber höchstens zwei Jahre Zeit den Bau auszuführen, ansonsten gilt die Genehmigung als erloschen. Diese Frist kann auf Antrag verlängert werden.<sup>11</sup>

Nach der Errichtung einer Seilbahn muss um die Betriebsbewilligung bei der Behörde ersucht werden und eine Überprüfung (alle 5 Jahre) hinsichtlich seilbahn-, elektro- und sicherungstechnischen sowie betrieblicher Aspekte auf Kosten des Seilbahnunternehmers erfolgen.<sup>12</sup>

Bei dauerhafter Einstellung des Betriebes der Seilbahn kann der Landeshauptmann über die Abtragung der Anlage bzw. Herstellung des Ausgangszustandes entscheiden. Dies erfolgt auf Kosten des Seilbahnunternehmens bzw. Rechtsnachfolger.

Weiters wird im Seilbahngesetz auf Anrainerbestimmungen eingegangen:

Grundsätzlich besteht ein Bauverbotsbereich beiderseits 12 Meter vom Seilstrang bei Seilschwebbahnen bzw. der äußeren Schiene bei Standseilbahnen und von jeder Station. Ausnahmen vom Bauverbot obliegen der Behörde soweit keine Sicherheitsbedenken bestehen. Weiters dürfen keine Bauwerke oder Handlungen in der Umgebung von Seilbahnanlagen durchgeführt werden, die die Beschädigung der Seilbahn oder die regelmäßige und sichere Betriebsführung beeinträchtigen

---

<sup>8</sup> Vgl. SeilbG 2003, §§ 26

<sup>9</sup> Vgl. SeilbG 2003, § 40

<sup>10</sup> SeilbG 2003, § 42

<sup>11</sup> Vgl. SeilbG 2003, § 43 Abs.2

<sup>12</sup> Vgl. SeilbG 2003 § 49

(Gefährdungsbereich) und nicht mit geeigneten Schutzmaßnahmen verhindert werden können.<sup>13</sup>

Weiters gibt es eine umfassende Darstellung bezüglich der Sicherheitsanalyse, dem Sicherheitsbericht, Sicherheitsbauteile, CE-Konformitätskennzeichnung, Spezifikationen, Betriebsleiter, Betriebspersonal, Betriebliche Bestimmungen, Schutzmaßnahmen und Rechten und Pflichten des Seilbahnunternehmens im Seilbahngesetz 2003.

Hinweise bezüglich der Errichtung von Seilbahnen als ÖPNV-Systemen im urbanen Raum finden sich jedoch nicht im Seilbahngesetz 2003.

Als Seilbahnsysteme im urbanen Raum sind vor allem Standseilbahnen und Seilschwebebahnen, also eine Kabinenseilbahn, von Bedeutung. Bei Sesselbahnen und Sessellifte sind Fahrgäste den Winterungsverhältnissen zu sehr ausgesetzt und werden daher keine Anwendung finden. Sesselbahnen, Sessellifte, Schleplifte und Materialbahnen, die laut rechtlicher Definition zu den Seilbahnen zählen werden nicht weiter behandelt, da für die Überprüfung der Einsetzbarkeit von Seilbahnsystemen in der Stadt, nur zwei Seilbahnsysteme von Bedeutung sind. Die Begriffsdefinitionen werden daher nur mehr für Seilschwebebahnen, also Kabinenbahnen, und Standseilbahnen dargestellt.

## **2.2 Definition Seilschwebebahn**

Als Seilschwebebahnen werden Bahnen bezeichnet, „[...] deren Fahrbetriebsmittel ohne feste Führung von einem oder mehreren Seilen getragen und bewegt werden“.<sup>14</sup>

Seilschwebebahnen befinden sich somit nicht in direkten Kontakt mit dem Boden, sondern die Kabinen, die an mindestens einem Seil befestigten sind, verkehren auf Stützen. Abhängig von den jeweiligen Anforderungen an die Seilbahn können unterschiedliche Systeme eingesetzt werden, die sich größtenteils durch die Seilanzahl, Kabinenanzahl, Kabinengrößen und Stützenanzahl unterscheiden. Grundsätzlich wird mindestens ein Seil, das gleichzeitig das Trag- und Zugseil darstellt, benötigt um die Kabinen zu befördern.

Bei Seilschwebebahnen gibt es eine Unterteilung nach der jeweiligen Betriebsform. So gibt es Pendel- und Umlaufbahnen.

---

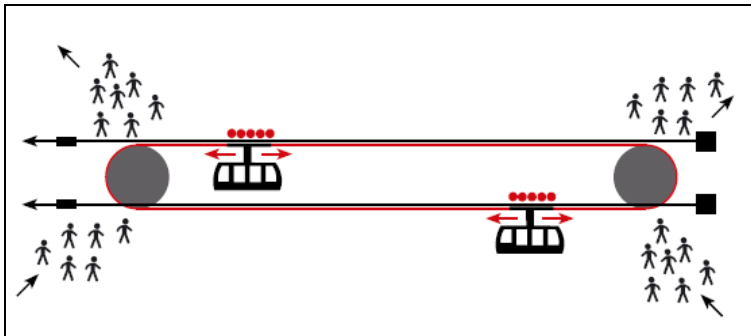
<sup>13</sup> Vgl. SeilbG 2003 §§ 53 - 55

<sup>14</sup> SeilbG 2003, § 2 Z 2.

### 2.2.1 Pendelbahn

Bei Pendelbahnen werden normalerweise Großkabinen von einem gemeinsamen Zugseil auf einem oder zwei Tragseile befördert. Jede Richtung besitzt dabei eigene fix verankerte Tragseile und die Kabinen werden somit auf unterschiedlichen Tragseilen befördert. Die Anzahl der Kabinen ist dabei auf eine Kabine pro Richtung begrenzt, wobei derzeit bis zu 200 Personen (überwiegend Stehplätze) befördert werden können.<sup>15</sup>

**Abbildung 1: Funktionsprinzip einer Seilschwebebahn im Pendelbetrieb**



Quelle: Seeber 2010, S 35.

In Abbildung 1 ist das Grundprinzip einer einfachen Pendelbahn, ohne Zwischenstation, dargestellt. Insgesamt gibt es nur zwei Großkabinen die jeweils auf einem eigenen Tragseil zwischen den Stationen pendeln und dabei von einem gemeinsamen Zugseil betrieben werden.

Bei einer Sonderform der Pendelbahn, der sogenannten „Funifor-Seilbahn“ von Doppelmayr, werden die Fahrzeuge unabhängig voneinander betrieben. „Jeder Strang stellt eine selbstständige Bahn dar.“<sup>16</sup> Diese wird hier jedoch nicht weiter betrachtet.

Bei den üblichen Pendelbahnen (siehe Abbildung 1) gibt es, im Gegensatz zu Umlaufbahnen, keine Kuppelstellen und Hängebahnschleifen in den Stationen. Grundsätzlich wird zwischen Berg- und Talstation unterschieden, wobei mechanische Einrichtungen wie Tragseilverankerung und Antrieb meist in der Bergstation und Tragseil- und Zugseilvorrichtungen in der Talstation untergebracht sind. Neben den technischen Einrichtungen befinden sich auch Räume für Fahrgäste und Personal in den Stationen, wie zum Beispiel Bahnsteighallen, Warte-, Dienst-, Kassen- und Nebenräume. Als Bahnsteighallen ist grundsätzlich ein Stirnbahnsteig mit Zungen-

<sup>15</sup> Vgl. Doppelmayr 2012a

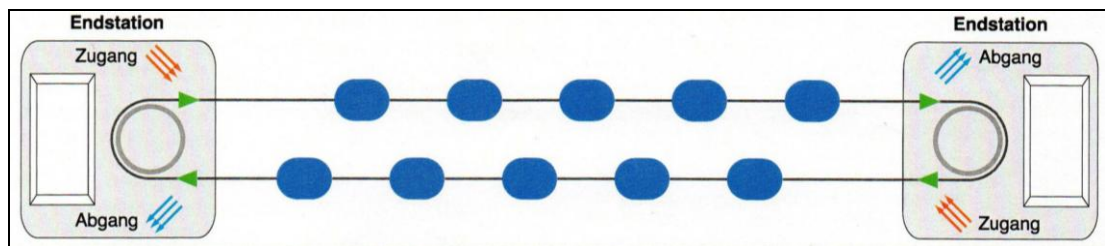
<sup>16</sup> Vgl. Monheim et al. 2010, S 30.

bahnsteig (also ein Bahnsteig für 2 Gleise) und gegebenenfalls zwei Seitenbahnsteige zu errichten.<sup>17</sup>

### 2.2.2 Umlaufbahn

Bei Seilschwebbahnen im Umlaufbetrieb werden die Kabinen, die Platz für bis zu jeweils 35 Personen besitzen, an einem Seil in einer Kreisbahn befördert.

**Abbildung 2: Funktionsprinzip einer Seilschwebbahn im Umlaufbetrieb**



Quelle: Monheim et al. 2010, S 27.

In Abbildung 2 ist das einfachste Funktionsprinzip, ohne Zwischenstationen, einer Umlaufbahn zu sehen. An einem Zugseil und gleichzeitig Tragseil befinden sich die Kabinen die auf einer geschlossenen Seilschleife zwischen den zwei Stationen verkehren. In den Stationen befinden sich Seilscheiben, die das Seil um 180° umlenken. Die Beförderung erfolgt dabei immer in die gleiche Richtung (hier im Uhrzeigersinn).

Moderne Umlaufbahnen sind weiters kuppelbar. Dabei werden die Kabinen bei der Einfahrt in den Stationsbereich abgebremst, vom Tragseil ausgehängt, fahren langsam durch die Station und werden dann wieder beschleunigt und an das Tragseil geklemmt. Bei Umlaufbahnen wird zum Ein- und Aussteigen der Fahrgäste in den Stationen somit eine Kuppelstelle mit Hängebahnschleifen benötigt. Mit einer Umlaufbahn entfällt die Wartezeit der Fahrgäste auf die nächste Kabine in den Haltestellen praktisch, da es sich um einen Stetigförderer handelt. Unterschiede bzw. Weiterentwicklungen im Bereich der Seilschwebbahnen gibt es insbesondere bei der Seilanzahl. Mit der Anzahl der Seile können nicht nur größere Kabinen und somit höhere Förderkapazitäten erreicht werden, sondern auch die Windstabilität des Systems verbessert werden. Die Anzahl der Stützen nimmt mit mehr Seilen, auf Grund der höheren Stabilität der Bahn, ab.<sup>18</sup>

Je nach System gibt es daher mehrere Seile, dabei gibt es aber mindestens ein Trag- und ein Zugseil, wobei das Tragseil in Schuhen und die Zugseile auf Rollen

<sup>17</sup> Vgl. Czitary 1962, S 348 ff.

<sup>18</sup> Vgl. Monheim et al. 2010, S 26ff



lagern. Das Zugseil, an dem die Wagen befestigt sind, ist geschlossen und wird meist in der oberen Station angetrieben und in der unteren gespannt.<sup>19</sup>

**Tabelle 1: Unterschiedliche Typen von Umlaufbahnen.**

Typen von Umlaufbahnen	Stützenanzahl und Spannweiten	Leistungsfähigkeit [Pers/h & R]	max. Geschwindigkeit [km/h]	Windstabil bis
Einseilumlaufbahn (max. 15er Kabinen)	Mehr Stützen	3600	21,6	70 km/h
Zweiseilumlaufbahn (max. 16er Kabinen)		3500	25,2	
Dreiseilumlaufbahn (max. 35er Kabinen)	Wenig Stützen (Spannlänge bis zu 3000m)	5000	27	Extrem Windstabil
Funitel System (max. 15er Kabinen)		4000	25,2	100 km/h

Quelle: Monheim et al. 2010, S 29.

Im Umlaufbetrieb gibt es derzeit vier Seilbahnsysteme (Tabelle 1), die vor allem auf Grund der unterschiedlichen Anzahl der Seile die verschiedensten Ansprüche erfüllen. Einerseits kann durch mehr Seile die Stützenanzahl verringert und andererseits die Windstabilität erhöht werden.

Zur Vollständigkeit werden hier noch weitere Unterarten von Umlaufbahn erwähnt, die jedoch nicht in Städten errichtet werden:

So gibt es auch das System der Gruppenbahn, bei der mehrere Kabinen fix hintereinander an das Seil geklemmt werden. Die Kabinen bleiben dabei in den Stationen zum Ein- und Aussteigen der Passagiere stehen und sind somit nicht kuppelbar.<sup>20</sup> Als Kombibahnen werden Umlaufbahnen bezeichnet, die an einem Seil Gondelbahnen, aber auch Sessellifte befördern. Bei den Stationen gibt es, auf Grund der verschiedenen Ansprüche, separate Ein- und Ausstiegsmöglichkeiten für Gondel und Sessellift.<sup>21</sup>

### 2.3 Definition Standseilbahn

Standseilbahnen sind Systeme bei denen die Fahrbetriebsmittel mittels Rollen und Seil auf Schienen gezogen werden.<sup>22</sup> Diese Schieneninfrastruktur kann auf Stützen, ebenerdig oder unterirdisch geführt werden. Modernste Systeme werden sogar auf Luftkissen befördert.<sup>23</sup> Die Führung auf Gleisen ist jedoch noch immer Standard.

<sup>19</sup> Vgl. Czitary 1962, S 1ff

<sup>20</sup> Vgl. Doppelmayr 2012d

<sup>21</sup> Vgl. Doppelmayr 2012e

<sup>22</sup> Vgl. Czitary 1962, S 1.

<sup>23</sup> Vgl. Seeber 2010, S 30.

Standseilbahnen sind somit in unmittelbaren Bodenkontakt und benötigen einen eigenen Gleiskörper bzw. eine eigene Infrastruktur. Standseilbahnsysteme können dabei weiters in drei Untertypen<sup>24</sup> eingeteilt werden:

- „herkömmliche“ Standseilbahnen
- Cable Liner bzw. APM-Systeme
- Schrägaufzüge

Die „herkömmliche“ Standseilbahn ist ein schienengebundener Zug der im Pendelbetrieb geführt wird. Dabei ist jeder Zug mit Personal ausgestattet und besitzt einen eigenen Antrieb. Als Beispielbahn ist in Abbildung 3 ein Cable Car aus San Francisco dargestellt.

**Abbildung 3: „Herkömmliche Standseilbahn“: San Francisco Cable Car**



Quelle: [http://de.wikipedia.org/wiki/Datei:San\\_Francisco\\_Cable\\_Car\\_MC.jpg](http://de.wikipedia.org/wiki/Datei:San_Francisco_Cable_Car_MC.jpg) (Stand: 23.01.2012)

Der „Cable Liner bzw. Cable Liner Shuttle“ von Doppelmayr ist ein Automated People Mover (APM) im Pendel- oder Umlaufbetrieb. APM-Systeme benötigen, im Gegensatz zu „herkömmlichen Standseilbahnen“, keine Fahrbetriebsleiter und verkehren vollautomatisch auf ihrer Infrastruktur. Abbildung 4 ist ein Cable-Liner-Shuttle aus Las Vegas dargestellt.

<sup>24</sup> Vgl. Monheim et al. 2010, S 35-38.

**Abbildung 4: APM-System: MGM CityCenter Shuttle Las Vegas**



Quelle: <http://www.doppelmayr.com/doppelmayr-international/produkte/cable-liner-shuttle.html?country=all>

Schrägaufzüge nutzen die Neigung der Fahrbahn um sich mit Hilfe eines Gegengewichts oder einer Winde fortzubewegen.<sup>25</sup>

Die in jüngster Zeit errichteten Standseilbahnsysteme im innerstädtischen Bereich sind meist APM-Systeme. Die Systeme der Standseilbahn haben den Vorteil, dass die Fahrzeuge auf Grund der externen Antriebsquelle leichter sind, als herkömmliche schienengebundene Verkehrsmittel.<sup>26</sup> Bei der Lage und Führung der Gleiskörper gibt es keine Einschränkungen. So können die Schienen ebenerdig, unterirdisch aber auch auf Stützen geführt werden.

Standseilbahnen unterscheiden sich meist nur in der Wahl des Schienen- und Betriebssystems, also zum Beispiel gibt es den einspurigen Pendelbetrieb, eine Doppelfahrbahn mit unabhängiger Funktion beider Systeme oder den Umlaufbetrieb.

In weiterer Folge werden zur Begriffsdefinition der Betriebsarten von Standseilbahnen insbesondere das System des Cable-Liner bzw. des APM und deren Eigenarten bei Pendel- und Umlaufbetrieb beschrieben. Der Cable-Liner Shuttle von Doppelmayr wird standardmäßig auf Stützen errichtet.

### **2.3.1 Pendelbahn**

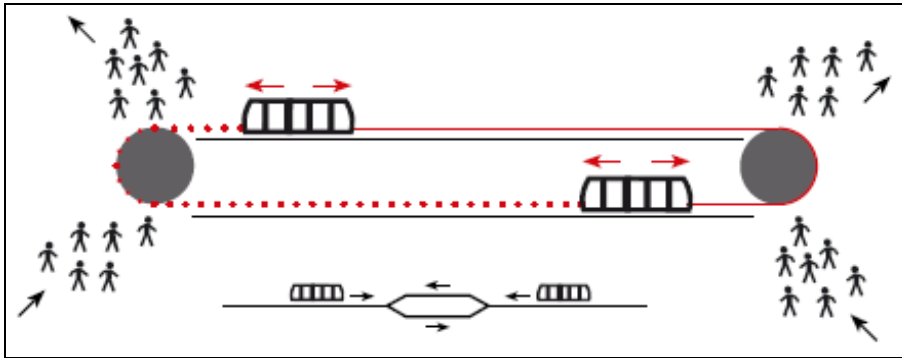
Beim Pendelbetrieb verkehren ein oder zwei Fahrzeuge zwischen den Stationen. Je nach Anforderungen an die Bahn kann die Schieneninfrastruktur und somit die Führung der Fahrzeuge unterschiedlich ausgeführt sein.

---

<sup>25</sup> Vgl. Monheim et al. 2010, S 26.

<sup>26</sup> Vgl. Monheim et al. 2010, S 36.

**Abbildung 5: Standseilbahnen im Pendelbetrieb**



Quelle: Seeber 2010, S 32.

In Abbildung 5 ist ein „Shuttle Bypass“ System dargestellt. Auf dem Großteil der Strecke gibt es dabei nur ein Gleis und in der Mitte gibt es eine Ausweichstelle, an der die beiden Fahrzeuge an einander vorbeifahren. Die Fahrzeuge sind an einem Zugseil befestigt und nutzen denselben Gleiskörper für beide Fahrtrichtungen. In diesem Beispiel gibt es nur zwei Stationen, jedoch ist eine Zwischenstation an der Ausweichstelle möglich. Weitere Standseilbahnen im Pendelbetrieb können folgende Schieneninfrastruktur aufweisen:

**Tabelle 2: Standseilbahnen im Pendelbetrieb nach Infrastruktur**

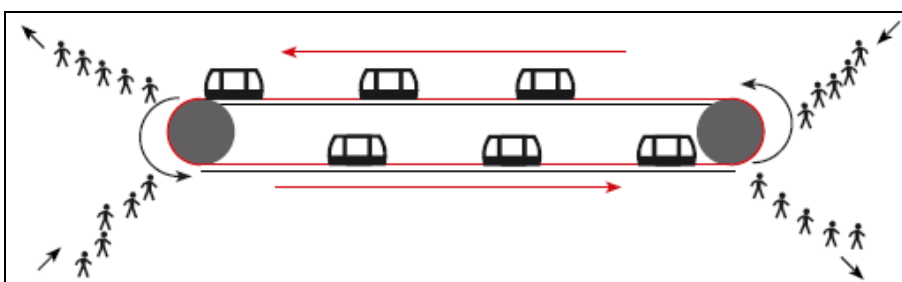
Pendelbahn	Anzahl der Fahrzeuge	Fahrspur
Single Shuttle	1	Einspurig
Double Shuttle	2	Zweispurig
Shuttle Bypass	2	einspurig mit Ausweichstelle

Quelle: Monheim et al. 2010, S 36f

### 2.3.2 Umlaufbahn

Beim Umlaufbetrieb werden mehrere Fahrzeuge auf einem geschlossenen Seilkreis in eine Richtung (siehe Abbildung 6) befördert. Somit ist für jede Fahrtrichtung ein eigener Gleiskörper notwendig. In Kombination mit einem kuppelbaren System sind auch in diesem Beispiel Zwischenstationen möglich.

**Abbildung 6: Standseilbahn im Umlaufbetrieb**



Quelle: Seeber 2010, S 32.

Auch bei den Standseilbahnen im Umlaufbetrieb gibt es verschiedene Typen, die „Pinched Loop“, die „Continuous Movement“ und die „Loop Configuration“. In der Praxis werden jedoch meist Pendelsysteme gewählt.

### **3 Historische Entwicklung von Seilbahnen und deren Einsatzbereiche**

Die Geschichte von Seilbahnen und seilbahnähnlichen Systemen begann weit vor unserer Zeitrechnung. Die Systeme und Antriebstechniken (Handbetrieb, Wasserbetrieb) könnten dabei nicht unterschiedlicher sein. Es gibt viele Beispiele aus der Vergangenheit und der Gegenwart, jedoch wird hier nur auf die Meilensteine und Besonderheiten eingegangen. Die erste Verwendung von Seilbahnsystemen diente vor allem dem Transport von Gütern. Erst im Laufe der Zeit wurde die Seilbahn auch für die Beförderung von Menschen in den verschiedensten Anwendungsbereichen entdeckt. Den Hauptanwendungsbereich im Personenverkehr stellte und stellt bisher der alpine Bereich dar, jedoch gewinnt der Einsatz im urbanen Raum immer mehr an Bedeutung. Der Einsatzbereich im ÖPNV wurde erst in den letzten zehn Jahren wiederentdeckt und stellt nur einen Anwendungsbereich im urbanen Raum daher.

#### **3.1 Geschichte der Seilbahnen**

Grundsätzlich kann die frühe Geschichte der Seilbahnen in zwei Epochen eingeteilt werden, nämlich in die Hanf- bzw. Frühzeit und die Stahldraht-Zeit. Das Material der Seile ist dabei der ausschlaggebende Namensgeber der jeweiligen Epoche. Wurden in der Frühzeit Materialien wie Hanf, Bambusfasern und vermutlich auch Tiersehnen verwendet, wurde mit der Erfindung des Drahtseils eine neue Ära in der Geschichte der Seilbahnsysteme und daraus der Einsatzgebiete begonnen.

##### **Die Hanf- bzw. Frühzeit**

Der Beginn der Hanf- bzw. Frühzeit der Seilbahnen kann nicht genau gesagt werden, da oftmals Überlieferungen fehlen. Jedoch wird davon ausgegangen, dass die ersten Materialseilbahnen schon zum Bau der Pyramiden, also rund 2.500 v.Chr. Anwendung fanden. Vitruv beschrieb um Christi Geburt Krankonstruktionen die mittels Menschen oder Esel betrieben wurden und wahrscheinlich schon tausende Jahre zuvor in Ägypten benutzt wurden.<sup>27</sup>

Aus dem Jahr 250 v.Chr. gibt es die erste Darstellung einer chinesischen Urseilbahn, einer „gewichtsbetriebenen frühen Sesselbahn an einem schräg gespannten Seil“. Diese Konstruktionen einer Gleitbahn (siehe Abbildung 7) werden auch heute noch teilweise in abgelegenen Gebieten in China verwendet.

---

<sup>27</sup> Vgl. Schmoll 2000a, S 13.

### Abbildung 7: Chinesische Urseilbahn



Quelle: Schmoll 2000a, S 13

In Japan bezeugt eine Tuschezeichnung aus dem Jahr 1250 n.Chr. die Beförderung von Menschen über einer Schlucht mittels zwei Körben. Die Körbe werden dabei von Menschen gezogen. Ähnliche Systeme wurden in Kolumbien 1536 für den Personentransport für den Goldabbau errichtet. Diese scheinen aber Weiterentwicklungen der frühen Seilbrücken bei denen sich die Insassen am Seil hängelten der Inka bzw. Indianerstämme zu sein.<sup>28</sup>

Auch in Europa wurden bereits im Mittelalter Schrägaufzüge mit Kurbelwinde (1405), später 1580 mittels Mühlrad zum Transport von Material verwendet.

Eine der außergewöhnlichsten Seilbahnen der Epoche des Hanfseils wurde 1802 in Badgastein errichtet. Diese Materialeilbahn, genannt Aufzugsmaschine, die zur Beförderung von Gold vom Berg (Radhausberg) ins Tal benutzt wurde, übertraf die bisherigen Konstruktionen auf Grund ihrer Länge von 1,4 km und Überwindung von Steigungen von 70%. Im Prinzip handelte es sich um einen Schrägaufzug der bis 1864 in Betrieb war und mittels einem Mühlrad eine Geschwindigkeit von 6 km/h hinauf und 12 km/h herab erreichen konnte.<sup>29</sup>

### Drahtseilzeit

Wie in der Epoche der Hanfseilzeit gibt es auch in der Drahtseilzeit keine tatsächlichen Überlieferungen über die frühesten Entwicklungen eines Drahtseils. Um 1700 fanden Archäologen bei Ausgrabungen in Pompeji ein Bronzeseil, wobei bis heute nicht geklärt ist, ob dieses Seil tatsächlich zweittausend Jahre alt ist, also vor Pom-

---

<sup>28</sup> Vgl. Schmoll 2000a, S 17f.

<sup>29</sup> Vgl. Schmoll 2000a, S 23ff.



pejis Untergang gefertigt wurde, da es Anzeichen eines Drahtzieh-Werkzeuges aufweist. Diese Werkzeuge wurden erst später entwickelt, wobei Leonardo da Vinci (1452 – 1519) diese in seinen Werken erwähnt. Oftmals wird auch von „eysern seil“ gesprochen, jedoch handelt es sich dabei um Ketten.

Die moderne Zeit des Drahtseils beginnt im Jahr 1834, also der braunschweigische Oberbergrat Wilhelm August Julius Albert eine Verseilvorrichtung entwirft. Diese handbetriebene Maschine wurde zur Verseilung, also zur Herstellung von „eingedrehten“ Seilen, verwendet. Die ersten beiden Drahtseile waren 605 m lang und bestanden aus drei Litzen zu je 4 Drähten von 3,5mm Durchmesser.<sup>30</sup>

Kurz darauf (um 1869) wurde die erste Personenseilschwebbahn in Europa, nämlich bei Schaffhausen über den Rhein, errichtet. Daraufhin wurden weltweit Seilbahnen errichtet: Neuseeland, Afrika, Deutschland, Spanien, Südamerika usw. 1888 wurde eine der ersten Standseilbahnen, die Nerobergbahn (Wiesbaden) in Betrieb genommen. Auf den Berg Schauinsland bei Freiburg wurde 1927 weltweit die erste Großkabinen-Seilbahn errichtet. Einer der bekanntesten Seilbahnen (Abbildung 8) auf den Zuckerhut in Rio de Janeiro, wurde 1912 eröffnet und ist seitdem noch immer in Betrieb.<sup>31</sup>

**Abbildung 8: Rio de Janeiro, Seilbahn auf den Zuckerhut.**



Quelle: <http://www.brasilien-urlaub.com/fotos-rio-de-janeiro.htm> (Stand: 22.02.212)

Seit der Erfindung des Drahtseils gab es somit immer wieder Weiterentwicklungen bei den Materialien und Einsatzbereichen bei Seilbahnen. So entstanden im Laufe der Zeit immer neue Formen und Systeme.

---

<sup>30</sup> Vgl. Schmoll 2000a, S 31.

<sup>31</sup> Vgl. Bahke 1973, S 38.



Aus den Einseilumlaufbahnen wurden Zweiseilbahnen, Standseilbahnen wurden eingesetzt, die ersten kuppelbaren Seilbahnen wurden entwickelt, die erste unterirdische Standseilbahn entstand 1875 in Istanbul. 1933 wird der erste Doppelbügel-Schlepplift in Davos errichtet.<sup>32</sup>

## **3.2 Entwicklung der Einsatzbereiche von Seilbahnen im Personenverkehr**

Die Geschichte der Seilbahnen zeigt, dass es die unterschiedlichsten Einsatzbereiche im Laufe der Zeit gab. Der Einsatz zum Transport von Gütern, Tieren oder Materialien (Materialseilbahn) wird in dieser Arbeit nicht weiter behandelt. Im Bereich des Personenverkehrs können Seilbahnen in zwei große Einsatzbereiche unterteilt werden.

Einerseits werden Seilbahnen im alpinen Bereich, der sehr geläufig ist, und andererseits vermehrt im urbanen Raum errichtet. Seilbahnen im alpinen Raum stellen noch immer den Haupteinsatzbereich im Seilbahnwesen dar, jedoch gewinnt der Einsatz im urbanen Raum immer mehr an Bedeutung.

### **3.2.1 Alpine Seilbahnsysteme**

Im alpinen Bereich gibt es im Prinzip nur eine Art der Verwendung, nämlich der der touristischen Nutzung im Winter und/oder Sommer. Für den Wintertourismus wurden weltweit bis heute die meisten Anlagen errichtet. Hier steht die Beförderung von Touristen und Sportlern in Tourismusorten für den Wintersport im Vordergrund.

Im Wintersport können die Seilbahnen, je nach Einsatzbereich, weiter differenziert werden. So wird zwischen Zubringerbahnen und Bahnen für Wiederholungsfahrten (Beschäftigungsanlagen) unterschieden. Von Zubringerbahnen spricht man vor allem, wenn es keine Abfahrtsmöglichkeit für die Wintersportler gibt und die Erreichbarkeit der höher liegenden Beschäftigungsanlagen nur mittels dieser Zubringerbahn möglich ist.<sup>33</sup>

### **3.2.2 Urbane Seilbahnsysteme**

Im städtischen Bereich wird die Unterscheidung der Einsatzzwecke der Seilbahnen jedoch schwieriger, da teilweise die Funktionen der Bahnen nicht eindeutig definiert werden kann oder die Funktionen (z.B. Ausflugsbahn und ÖV) verschwimmen. So werden Unterkategorien von urbanen Seilbahnen, die nicht dem reinen ÖPNV entsprechen, oft zu den Seilbahnen im öffentlichen Verkehr gezählt. Urbane Seilbahnen können in folgende Gruppen unterteilt werden:

---

<sup>32</sup> Vgl. Schmoll 2000a, S 9ff.

<sup>33</sup> Vgl. Nejez 2009, S 10.

### 3.2.2.1 *Seilbahnen für den ÖPNV*

Als Seilbahnen für den ÖPNV werden Systeme bezeichnet, die sich in einer Stadt bzw. in städtischen Raum befinden und zusätzlich dem öffentlichen Personennahverkehr dienen. Ein Hauptaspekt der Seilbahn als ÖPNV-System ist, dass sie überwiegend von Einwohner der Stadt genutzt wird und nicht nur von Touristen. Die Zusammenarbeit mit dem städtischen Verkehrsverbund und somit ein beinahe rund um die Uhr Betriebszeit, ist dabei naheliegend.<sup>34</sup>

Abzugrenzen von diesem Einsatzbereich sind Systeme, die überwiegend andere Funktionen in der Stadt erfüllen. Ausstellungsbahnen und Ausflugsbahnen dienen hauptsächlich anderen Zwecken.

### 3.2.2.2 *Ausstellungsbahnen*

Als Ausstellungsbahnen werden temporär installierte Seilbahnen bezeichneten, die als Attraktion bei Gartenbau- und Weltausstellungen (Expos) gelten. Ihr Betrieb und ihre Verfügbarkeit ist dabei nur begrenzt gegeben und daher haben Ausstellungsbahnen kaum oder nur geringfügig Bedeutung im Pendlerverkehr einer Stadt. Sie werden für die Dauer der Ausstellung aufgebaut und zu den jeweiligen Öffnungszeiten betrieben. Die Ausstellungsbahn dient dabei dem Transport der Besucher über das Gelände, aber soll auch die Möglichkeit der Besichtigung der Ausstellung von oben bieten. Der Transport der Besucher wird dabei meist sogar als nebensächlich betrachtet.<sup>35</sup>

### 3.2.2.3 *Ausflugsbahnen*

Ausflugsbahnen sind mit Ausstellungsbahnen vergleichbar, da der Betrieb nicht auf den ÖPNV ausgelegt ist. Diese sind zwar meist dauerhaft errichtet, jedoch verkehren sie ebenso nur zu gewissen, eingeschränkten Betriebszeiten. Diese Bahnen finden sich nicht nur im urbanen Bereich sondern auch in ländlichen Regionen, wobei meist Ausflugziele wie Berge erschlossen werden. Seilbahnen in Vergnügungs- und Themenparks zählen ebenso zur Kategorie der Ausflugsbahnen.<sup>36</sup>

Als berühmteste Beispiele gelten die Festungsbahn in Salzburg und die Pendelbahn auf den Zuckerhut in Rio de Janeiro.

## 3.3 **Seilbahnen als ÖPNV-System im urbanen Raum**

Wie erwähnt ist die Abgrenzung zwischen den unterschiedlichen urbanen Seilbahnen und ihren Haupteinsatzbereiche nicht immer leicht, jedoch wird versucht, den

---

<sup>34</sup> Vgl. Nejez, 2009, S 8.

<sup>35</sup> Vgl. Nejez, 2009, S 8.

<sup>36</sup> Vgl. Nejez, 2009, S 10.

Hauptaspekt der Arbeit auf den Einsatz von Seilbahnen als ÖPNV-System zu legen. Die geschichtliche Entwicklung der Personenseilbahn im ÖPNV, sowie eine Darstellung der wichtigsten Beispiele aus der jüngsten Vergangenheit, sollen die ÖPNV-Einsatzbereiche im urbanen Raum näher erläutern.

### 3.3.1 Seilschwebbahnen

Die Ära der mechanisch betriebenen Personenseilbahn für den öffentlichen Verkehr begann in Neuseeland im Jahr 1879. Die Seilschwebbahn „Aerial Flight“ in der Stadt Blackpool war die Verbindung zwischen zwei Straßenbahnlinien, die durch einen Fluss getrennt waren. Eine einzige 6-Personen-Kabine wurde mit einer Dampfmaschine an einem Umlaufseil betrieben.<sup>37</sup>

Erst 100 Jahre später wurden Seilbahnsysteme wieder für den öffentlichen Verkehr entdeckt. In New York ging 1976 eine Seilschwebbahn, die „Streetcar in the Sky“ in Betrieb. Sie verbindet die Insel Roosevelt Island auf einer Länge von rund einem Kilometer mit dem Business-Center, Manhattan mit zwei 125er Kabinen. Vor allem Pendler aber auch Besucher und Patienten zweier Spitäler auf der Insel nutzen diese Bahn mit einer Kapazität von 1600 Personen pro Stunde bis heute. Algerien und Georgien gelten als Vorreiter in der Verwendung von Seilschwebbahnen im öffentlichen Verkehr. So wurden in Algerien zum Beispiel von 1982 bis 1990 in fünf Städten insgesamt vier Pendelbahnen und sieben Umlaufbahnen errichtet.<sup>38</sup>

Die derzeit bedeutendsten Seilschwebbahnen im ÖPNV sind in Tabelle 3 dargestellt.

---

<sup>37</sup> Vgl. Schmoll 2000a, S 87.

<sup>38</sup> Vgl. Schmoll 2000b, S 89ff.

**Tabelle 3: Seilschwebbahnen**

Inbetriebnahme	Staat, Stadt	Name	Hersteller
2004	Kolumbien, Medellín	MetroCable	Poma
2006	China, Hong Kong	Ngong Ping Cable Car	Leitner
2007	USA, Portland	Portland Aerial Tram	Doppelmayr
2007	Algerien, Constantine		Doppelmayr
2007	Vietnam, NHA Trang	Vin Pearl	Poma
2008	Algerien, Skikda		Doppelmayr
2008	Algerien, Tlemcen		Doppelmayr
2008	Spanien, Zaragoza	Expo Alt	Leitner
2009	Kolumbien, Manizales	Cable Aéreo Manizales	Leitner
1966 (neu 2009)	Italien, Bolzano	Funivia del Renon	Leitner
1976 (neu 2009)	USA, New York	Streetcar in the Sky	Von Roll
2010	Venezuela, Caracas	Metrocable	Doppelmayr
2010	Deutschland, Koblenz	Koblenz Rheinseilbahn	Doppelmayr
1931 (neu 2010)	Spanien, Barcelona	Teleferic de Montjic	Leitner
1968 (neu 2010)	Singapur, Sentosa Island	Singapur Cable Car	Doppelmayr
2011	Brasilien, Rio de Janeiro	Aerial Tram	Poma
in Bau	Kolumbien, Cali	Miocable	Leitner
In Bau	London, England		Doppelmayr/Garaventa

Quelle: Doppelmayr, online. Leitner, online. Poma, online. Gondala Project, online.

### 3.3.2 Standseilbahnen

Am Anfang wurden Standseilbahnen für den Arbeiterverkehr in Industriestädten vor allem dort eingesetzt, wo Dampfstraßenbahnen die Steigungen nicht bewältigen konnten. Die erste innerstädtische Standseilbahn für den Personentransport wurde 1862 in Lyon errichtet und wurde mittels einer Wasserturbine betrieben.<sup>39</sup>

In der Verbindung von Standseilbahnen tauchen insbesondere die Begriffe Cable Car bzw. Cable Liner auf. Die bekannteste und ältesten Cable Cars befinden sich in San Francisco die seit 1872 in Betrieb sind. Bei diesem System wird der Antrieb vom Fahrzeug getrennt und das Seil verläuft unterirdisch. Anfangs wurde das Seil noch mit einer Dampfmaschine, später durch einen Elektro-Motor ununterbrochen betrieben.<sup>40</sup>

Das Prinzip des zentralen Antriebs für mehrere Fahrzeuge wurde erst wieder ab 1980 für die Innenstädte wieder entdeckt. 1989 wurde in Frankreich die eine 1,5 km lange Linie mit drei 40iger Wagen, die Poma 2000, errichtet.

Die derzeit bedeutendsten Standseilbahnen bzw. APM im ÖPNV sind in Tabelle 4 dargestellt.

<sup>39</sup> Vgl. Schmoll 2000b, S 117.

<sup>40</sup> Vgl. Schmoll 2000a, S 53.

**Tabelle 4: Standseilbahnen.**

Inbetriebnahme	Staat, Stadt	Name	Hersteller
1872	USA, San Francisco	Cable Car	Doppelmayr
1999	USA, Las Vegas	Mandalay Bay Tram	Doppelmayr
2001	USA, Detroit	APM	Leitner
2003	England, Birmingham	Air Rail Shuttle Birmingham	Doppelmayr
2003	Schweiz, Zürich	APM SkyMetro	Leitner
2006	Kanada, Toronto	Airport Link	Doppelmayr
2006	Türkei, Istanbul	Füniküler Kabatas-Taksim	Garaventa
2007	Mexiko, Mexiko-City	Airport Shuttle	Doppelmayr
2008	Italien, Perugia	MiniMetro	Leitner
2009	USA, Las Vegas	MGM CityCenterShuttle	Doppelmayr
2010	Italien, Venedig	Venice People Mover	Doppelmayr

Quelle: Doppelmayr, online. Leitner, online. Poma, online. Gondala Project, online.

Hersteller wie Doppelmayr und Leitner entwickelten die bekanntesten Systeme die derzeit auf dem Markt sind. Doppelmayr hat mit seinem „Cable Liner“ einige bekannte Städte versorgt. Leitner nennt seine Version des Cable Cars „MiniMetro“.<sup>41</sup>

#### **Anbieter von Seilbahnsystemen für den urbanen Raum**

Aus den bedeutendsten Seilbahnbeispielen im ÖPNV lassen sich die bedeutendsten Seilbahnhersteller ableiten. Am Weltmarkt der urbanen Seilbahnsysteme finden sich hauptsächlich die großen Unternehmen Garaventa-Doppelmayr, Leitner und Poma (siehe Tabelle 3 und Tabelle 4). Die Garaventa-Doppelmayr Gruppe gilt als Weltmarktführer im Seilbahnbereich, da die Gruppe weltweit bis 2011 rund 14.200 Seilbahnsysteme errichtet hat.<sup>42</sup> Auch bei den urbanen Transportsystemen errichtete Garaventa-Doppelmayr bis heute die meisten Anlagen weltweit.

Bei Plänen für die Errichtung von neuen Seilbahnsystemen in den kommenden Jahren werden auch andere Hersteller (siehe Tabelle 5) genannt.

**Tabelle 5: Herstellerfirmen von Liftprojekten weltweit**

Hersteller	Firmensitz
Garaventa-Doppelmayr	Schweiz-Österreich
Leitner	Südtirol
Poma	Frankreich
CCM Finotello	Italien
STM	Türkei
Wito	Österreich
MEB Impianti	Italien

Quelle: Lift-world 2012

<sup>41</sup> Vgl. Schmoll 2000b, S 136.

<sup>42</sup> Vgl. Garaventa-Doppelmayr 2012

Weitere bekannte, meist Schweizer Firmen sind: Inauen Schätti AG, Von Rotz Seilbahnen AG, Bartholet Metallbau AG, Lauber Seilbahnen Frutigen, Rowema AG, CWA Constructions S.A. und Gangloff Carosserie S.A.<sup>43</sup>

Hinter den drei größten Firmen stecken jedoch unzählige kleine Firmen und Hersteller, darum ist es kaum möglich alle Strukturen nachzuvollziehen. In wie weit diese somit in die jeweiligen Großunternehmen Garaventa-Doppelmayr, Leitner und Poma integriert sind bzw. mit diesen kooperieren, ist nicht vollkommen ersichtlich. Durch Fusionen und Zusammenarbeit sind somit weltweit scheinbar nur die drei Haupthersteller von Bedeutung, wobei Leitner und „Poma of America“ ebenso teilweise kooperieren.

---

<sup>43</sup> Vgl. Seilbahn-Nostalgie 2012

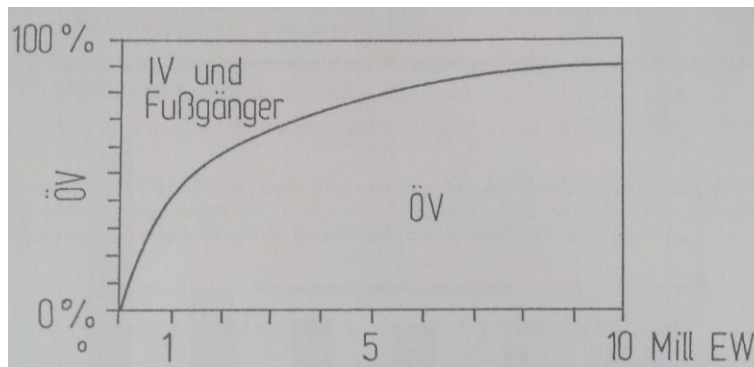
## 4 Merkmale von Seilbahnsystemen und deren Anforderungen für den ÖPNV-Einsatz

Die begrifflichen Definitionen von Seilbahnen und die rechtlichen Grundlagen wurden im Theorieteil bereits dargestellt. Dabei wurden insbesondere die Infrastruktur von Seilschwebbahnen und Standseilbahnen erläutert. Neben der Besonderheit der Infrastruktur des jeweiligen Systems ergeben sich aber noch weitere Besonderheiten für den Einsatz als ÖPNV-Systeme im urbanen Raum. Einerseits weisen Seilbahnen gewisse betriebliche Merkmale auf, die für den Einsatz als ÖPNV-System zu berücksichtigen sind, andererseits stellen sie aber auch gewisse Anforderungen an ihren Einsatzort bzw. sind bei bestimmten Gegebenheiten besser einsetzbar.

### 4.1 Bevölkerungsdichte und Stadtgröße

Die Stadtgröße ist nicht unmittelbar ausschlaggebend für die Errichtung einer Seilbahn. Wenn eine Seilbahn jedoch als Alternative für ein herkömmliches ÖPNV-System eingesetzt werden soll, gelten insbesondere auch dieselben Anforderungen an eine Stadt. Denn um Verkehrsmittel überhaupt als flächendeckendes städtisches ÖV-System (effizient) anbieten zu können, ist eine bestimmte Stadtgröße notwendig.

**Abbildung 9: Verkehrsmittelwahl je Stadtgröße**



Quelle: ÖVG (Hrsg.), 2009, S 56 (nach Rollinger)

In Abbildung 9 ist die prinzipielle Verkehrsmittelwahl je Stadtgröße dargestellt. Mit der Zunahme an Einwohner, also je größer eine Stadt, steigt die Nachfrage an öffentlichen Verkehrsmitteln. Es entstehen mehr Wege aller Bewohner auf kleiner Fläche, die sich auch in der Wahl des Verkehrsmittels und somit im Modal Split einer Stadt erkennen lässt.

Durch die Bevölkerungsdichte und somit die Einwohnerzahl (Stadtgröße) lässt sich wiederum das geeignetste öffentliche Schienenverkehrsmittel bestimmen.

Beispielsweise wird die Errichtung einer U-Bahn in einer Stadt mit 5.000 Einwohner nicht sinnvoll sein. Bei der Betrachtung von Städten ist es somit sinnvoll, folgende Tabelle herzunehmen:

**Tabelle 6: Stadtgrößen und ÖV-Mittel**

	Straßenbahnähnlich		U-Bahn-ähnlich	
	0,2-0,5	0,5-1,0	1,0-2,0	2,0-5,0
Einwohnerzahl (Mio.)	0,2-0,5	0,5-1,0	1,0-2,0	2,0-5,0
Bevölkerungsdichte im Verkehrskorridor (EW/km <sup>2</sup> )	2 000	3 000	5 000	8 000
ÖV- Nachfrage	30 000	60 000	100 000	>160 000

Quelle: nach Gernot; Hansen; Kokot, 1993, zitiert in: Verband Deutscher Verkehrsunternehmen: Stadtbahnen in Deutschland, innovativ – flexibel – attraktiv. Düsseldorf, 2000, S 70.

Mittels Seilbahn können aber auch extreme bevölkerungsreiche Städte mit öffentlichen Verkehrsmitteln bedient werden. Als Beispiel kann hier eine Slum-Erschließung mittels einer Seilschwebbahn im Umlaufbetrieb in Rio de Janeiro genannt werden. Hier wurde ein Gebiet mit einer hohen Bevölkerungsdichte von ca. 30 000 Einwohner pro km<sup>2</sup> erschlossen<sup>44</sup>.

Vor allem dort, wo hohe Nutzungsdichten auftreten können urbane Seilbahnsysteme von Vorteil sein, da Seilschwebbahnen platzsparend errichtet werden können.

Bei großflächigen Arealen wie Flughäfen, Häfen, aber auch Bildungseinrichtungen wie eines Universitätscampus oder auch medizinischen Einrichtungen, können Seilbahnsysteme als innere Erschließung dienen, da sie auf kurze Strecken sehr effizient errichtet werden können. Zur Anbindung solcher Areale an Städte bzw. andere Verkehrsmittel sind Seilbahnsysteme ebenso geeignet.

Als Erschließung einer Bildungseinrichtung kann hier die Pendelbahn in Portland genannt werden, die einen Campus mit einem Stadtteil verbindet. Dabei werden eine Autobahn, das historische Zentrum und ein Höhenunterschied überwunden.<sup>45</sup>

## 4.2 Nachfrage

Laut der Herstellerfirma Doppelmayr eignen sich Seilbahnen vor allem bei mittleren Städten im innerstädtischen Bereich. Idealerweise können Fahrgastaufkommen von 2000 bis 3000 Personen pro Stunde und Richtung bewältigt werden.<sup>46</sup>

Wie bei herkömmlichen ÖV-Systemen obliegt die Nachfrage auch bei urbanen Seilbahnen je nach Tageszeit und Einsatzort meist Schwankungen. Ein Vorteil von Seilschwebbahnen ist, dass sie flexibler als herkömmliche öffentliche Verkehrsmittel

<sup>44</sup> Vgl. Ohm 2009

<sup>45</sup> Vgl. The Gondola Project 2012

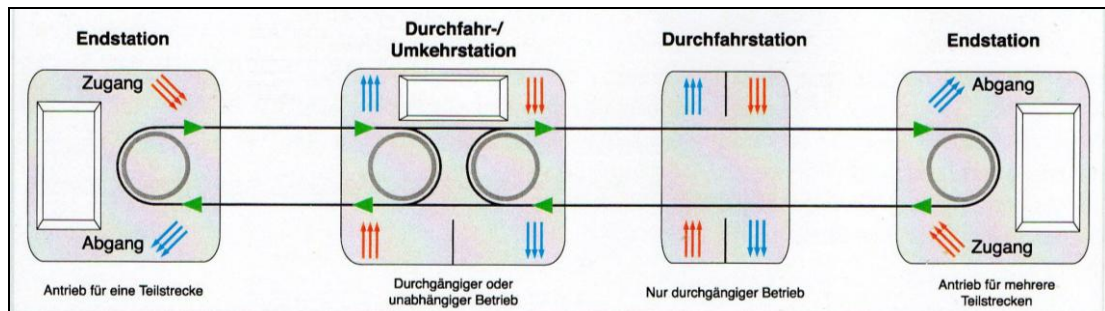
<sup>46</sup> Vgl. Auer 2012



auf Nachfrageschwankungen reagieren können, da z.B. bei kuppelbaren Seilschwebebahnen im Umlaufbetrieb die Anzahl der Kabinen je nach Nachfrage gesteuert werden kann. Mit dem zusätzlichen Einhängen von Kabinen und einer Anpassung der Beförderungsgeschwindigkeit kann die Kursfolgezeit der Fahrbetriebsmittel und somit die Beförderungsleistung erhöht werden.

Weiters kann beim Umlaufbetrieb in Zwischenstationen Kabinen umgelenkt werden, um unterschiedliche Nachfragen in Teilabschnitten zu bedienen.

### Abbildung 10: Funktionsprinzip Umlaufbahn



Quelle Monheim et al. S 28

In Abbildung 10 ist diese Form einer Seilschwebebahn im Umlaufbetrieb dargestellt. Als Zwischenstationen sind verschiedene Varianten abgebildet, wobei in den Stationen auch eine Ablenkung der Seilachse, also sozusagen Kurven, möglich sind. Bei Umkehrstationen kann ein unabhängiger Betrieb jeweils zwischen der Umkehrstation und einer Endstation erfolgen. So können die Teilstrecken unterschiedlich bedient werden.

Mit der flexiblen Anzahl an Kabinen und einer Erhöhung der Beförderungsgeschwindigkeit, kann bei starker Nachfrage die Leistungsfähigkeit der Seilbahn erhöht werden. Voraussetzung ist natürlich, dass Nachfrage nicht die maximale Leistungsfähigkeit der Bahn überschreitet, denn dann entstehen Wartezeiten für die Fahrgäste.

Bei Großveranstaltungen wie zum Beispiel bei Konzerten oder Fußballspielen, werden Seilschwebebahnen im Umlaufbetrieb die punktuelle starke Nachfrage nicht decken können. Einerseits müssten die Aufstellflächen bei den Haltestellen auf große Massen an Fahrgästen ausgelegt sein und andererseits würde die Leistungsfähigkeit durch den hohen Ansturm nicht gegeben sein. Eine mehr oder weniger kontinuierliche Nachfrage und Abfertigung der Fahrgäste ist für den Umlaufbetrieb als ideal zu bezeichnen.

Bei Standseilbahnen bzw. Pendelbahnen ist eine flexible Bedienung von Teilstrecken nicht möglich, da die Kabinen fix an das Zugseil gebunden sind. Nachfrageschwankungen können daher nicht unterschiedlich bedient werden. Hingegen sind Standseilbahnen bei großer Nachfrage, wie dem genannten Beispiel bei einem Fußballstadion, eher geeignet, da hier die Aufstellflächen bei Haltestellen größer dimensioniert sind und eine höhere Anzahl an Passagieren gleichzeitig abgefertigt werden kann.

### 4.3 Topografie

Zur Errichtung von urbanen Seilbahnsystemen benötigt es keine spezielle Topografie, jedoch können die unterschiedlichen Systeme bei natürlichen oder künstlich-geschaffenen Barrieren leichter als herkömmliche ÖV-Systeme eingesetzt werden.

Im Städtebau gilt, dass „die Geländeform ein wichtiges Kriterium für die Eignung einer Fläche für die Besiedelung (ist).“<sup>47</sup> Lange Zeit wurden nur jene Flächen erschlossen, die technisch und wirtschaftlich möglich waren. Viele Siedlungen mussten sich aber im Laufe der Zeit auch in unwegsamem Gelände entwickeln um allen Bewohner Platz zu bieten. So gibt es in vielen Städten Geländeformen und natürliche Gegebenheiten, die Probleme in der Erschließung darstellen können, aber auch künstlich erschaffene Barrieren durch die Bevölkerung bzw. Besiedelung.

Als natürliche Gegebenheiten können:

- Topografie (Geländeformen, Höhenzüge, Abhänge),
- Geologie (Bodeneigenschaften, Bodengüte,...),
- Wasser (Wasserläufe, -flächen, Überschwemmungsgebiete) und
- Klima (Wind, Feuchtgebiete,...) genannt werden.<sup>48</sup>

Höhenunterschiede können durch den Antrieb des Seils (und nicht der einzelnen Fahrzeuge) leichter überwunden werden und stellen daher oftmals den Haupteinsatzbereich dar, da ab einer gewissen Steigung herkömmliche schienengebundene ÖV-Systeme diese nicht mehr überwinden können.

Unter künstlichen Gegebenheiten fallen insbesondere vom Menschen geschaffene Barrieren. So kann Infrastruktur, wie Autobahnen und Schienennetz, Wirtschaftsstandorte, und soziale Einrichtungen eine Barrierewirkung darstellen. Zu nennen sind aber auch von Menschen ernannte freizuhaltende Flächen wie Waldfläche oder Schutzgebiete (z.B. Auegebiete) die eine Trennung des Siedlungsraumes erzielen können.

---

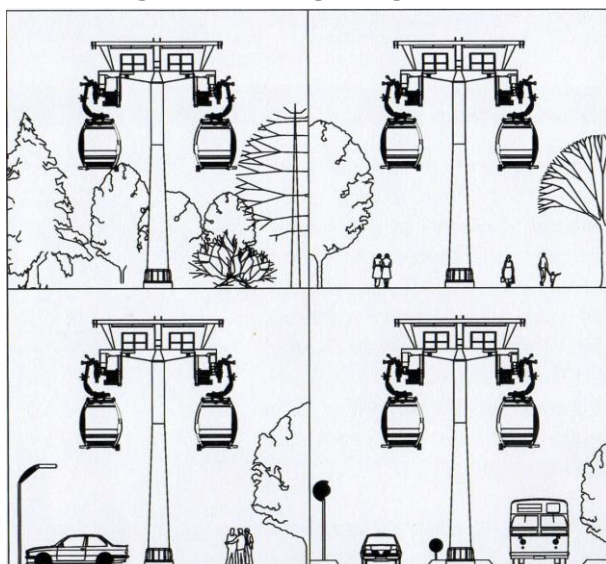
<sup>47</sup> Korda (Hrsg.) 2005, S 133.

<sup>48</sup> Vgl. Korda (Hrsg.) 2005, S183.

Vor allem bei Seilschwebbahnen können mit minimalen Eingriffen in die Oberfläche (z.B. Schutzgebiet) ÖV-Systeme errichtet werden, aber auch Standseilbahnen, wie die SkyMetro am Flughafen Zürich, können Barrieren überwinden. Diese verbindet unterirdisch zwei Gebäude, die durch eine Rollpiste getrennt sind.<sup>49</sup>

In Abbildung 11 sind die Nutzungsmöglichkeiten unterhalb einer Seilschwebbahn dargestellt. Grünflächen oder Infrastruktur stellen also keine Barrieren dar.

**Abbildung 11: Nutzungsmöglichkeiten unterhalb des Fahrwegs**



Quelle: Monheim et al. 2010, S 60.

#### 4.4 Betriebsformen

Bei Seilbahnen im öffentlichen Verkehr kann zwischen zwei Betriebsformen, nämlich dem Punkt-zu-Punkt-Verkehr und dem Linienverkehr, unterschieden werden. Entscheidende für die Wahl der Betriebsform sind die jeweiligen gewünschten Anforderungen an die Bahn, wie zum Beispiel notwendige Haltestellen und Linienlänge.

Ein Linienverkehr bzw. Linienbetrieb zeichnet sich dadurch aus, dass zwischen den zwei Endstellen in regelmäßigen Abständen, also mit einem Fahrplan, Fahrzeuge verkehren und Fahrgäste an Zwischenhaltestellen ein- und aussteigen können.<sup>50</sup> Das Prinzip dabei ist, dass es mehrere Haltestellen in gewissen Abständen gibt, die wiederum eine bestimmte Gesamtlänge der ÖV-Linie bedeuten. Bei Seilbahnsystemen gibt es noch eine Besonderheit bezüglich des Fahrplanes. Bei Umlaufbetrieb bei Seilschwebbahnen handelt es sich um einen Stetigförderer, sodass kein Fahrplan benötigt wird.

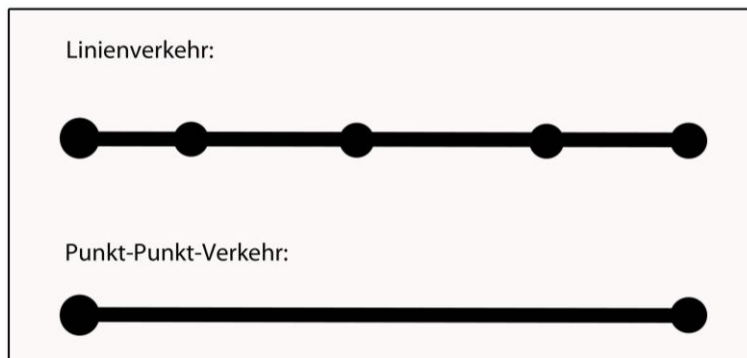
<sup>49</sup> Vgl. BAK 2012

<sup>50</sup> Vgl. Cerwenka et al. 2004, S 154.

Bei der Punkt-Punkt-Beförderung gibt es keine Zwischenstationen sondern insgesamt nur zwei Endstationen. Die Fahrzeugkabinen halten nur in diesen Stationen, Zwischenhalte gibt es somit keine. Die Linienführung des Seils ist beim Punkt-Punkt-Verkehr dabei eingeschränkt, da es keine Zwischenstationen gibt, die die Umlenkung des Seiles ermöglichen. Die Seilführung ist somit überwiegend linear angelegt.<sup>51</sup>

In Abbildung 12 sind die beiden Betriebsformen dargestellt. Eine Bedienung in Form eines Ringes könnte theoretisch bei Standseilbahnen von Vorteil sein. Derzeit sind jedoch keine Beispiele dieser Art bekannt.

**Abbildung 12: Betriebsarten bei Seilbahnsystemen.**

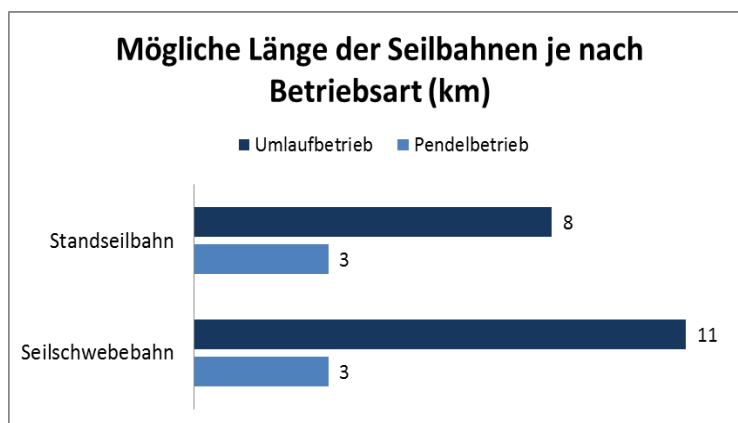


Quelle: Eigene Darstellung

## 4.5 Linienlänge

Die Linienlänge von Seilbahnen ist grundsätzlich durch die technischen Möglichkeiten des jeweiligen Systems beschränkt.

**Abbildung 13: Übliche Linienlängen je nach Seilbahnsystem**



Quelle: Monheim et al. 2010, S 31; eigene Darstellung

In Abbildung 13 sind die technisch möglichen Linienlängen dargestellt. Diese Linienlängen sind dabei Maximal-Längen, wobei mit Seilschwebbahnen und Standseil-

<sup>51</sup> Vgl. Monheim et al. 2010, S 16.

bahnen im Umlaufbetrieb (Linienverkehr) längere Linienlängen erreicht werden können, als beim Pendelbetrieb. Im Pendelbetrieb können derzeit nur Strecken bis zu 3 Kilometer Länge erschlossen werden.

In der Praxis werden Umlaufbahnen meist nur für Linienlängen von bis zu 5km eingesetzt, da aus wirtschaftlicher und verkehrlicher Sicht bei längeren Linien an Stelle von Seilbahnen, S-Bahnen und U-Bahnen eingesetzt werden.<sup>52</sup> Bei längeren Seilbahnlinien werden nämlich mehr Haltestellen benötigt, die eine Reduktion der Geschwindigkeiten von Seilbahnen bedeuten. S-Bahnen und U-Bahnen können, im Gegensatz zu Umlaufbahnen, auf Grund der höheren Geschwindigkeiten zeitliche Vorteile lukrieren.

Als sinnvolle Längen von Umlaufbahnen werden somit von Doppelmayr Linienlängen von 5 bis 6 Kilometer genannt.<sup>53</sup>

Die 2010 errichtete Seilschwebbahn im Umlaufbetrieb in Rio de Janeiro ist mit 3,5km derzeit die längste Umlaufbahn der Welt.<sup>54</sup> Andere Seilbahnen kommen meist nicht über 2 Kilometer Länge. Eine der längsten realisierten Standseilbahnen (rund 3 Kilometer) befindet sich am Flughafen in Mexiko, wobei es sich um eine Pendelbahn handelt.<sup>55</sup>

#### **4.6 Haltestellendichte**

Da bei Seilschwebbahnen jede Station einen Zeitverlust durch das langsame Durchfahren bedeutet, sind größere Haltestellenabstände bzw. kürzere Linien mit wenigen Haltestellen von Vorteil.

Der Zeitverlust pro Station bei Seilschwebbahnen im Umlaufbetrieb wird mit rund 2 Minuten pro Station angegeben. Bei einer Linienlänge von 3 Kilometer sind somit Abstände von 1 Kilometer bzw. 1,5 Kilometer zwischen den Stationen vertretbar. Eine technisch vorteilhafte Lösung wäre eine Durchfahrung der Zwischenstationen ohne auskuppeln.<sup>56</sup>

Bei Pendelbahnen (Standseilbahn und Seilschwebbahn) werden meist nur die beiden Endstationen errichtet, sodass hier die Haltestellenabstände von der Linienlänge bestimmt werden. Üblich sind somit bei Pendelbahnen Haltestellendichten von 1 bis 3 Kilometer.

---

<sup>52</sup> Vgl. Monheim et al. 2010, S 27.

<sup>53</sup> Vgl. Auer 2012

<sup>54</sup> Vgl. Poma-Leitner 2012

<sup>55</sup> Vgl. DCC 2012c

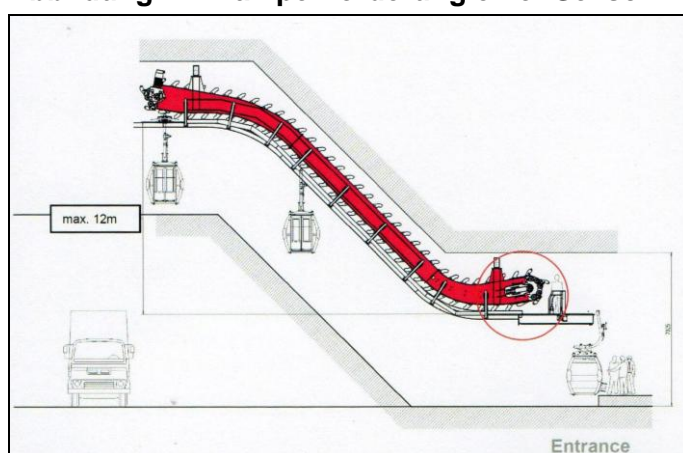
<sup>56</sup> Vgl. Auer 2012

## 4.7 Vernetzbarkeit

Die Vernetzbarkeit von Seilbahnen, also einerseits mit bestehenden herkömmlichen ÖPNV-Systemen und andererseits mit anderen Seilbahnsystemen, ist für den Einsatz im urbanen Raum von Bedeutung. Obwohl der Fahrweg von Seilbahnen meist erhöht verläuft, kann der Ein- und Ausstieg bei Seilschwebbahnen auf Straßenniveau erfolgen.

In Abbildung 14 ist eine Rampenförderung einer Seilschwebbahn dargestellt. Dabei werden die Kabinen auf Straßenniveau abgesenkt und es entfällt das Treppensteigen bzw. Aufzufahren für die Passagiere. Bei einem direkten Anschluss an andere Haltestellen im ÖPNV (z.B. Bus) gibt es minimale Zugangswege.

**Abbildung 14: Rampenförderung einer Seilschwebbahn**



Quelle: Monheim et al. 2010, S 58.

Bei Standseilbahnen gibt es kaum Unterschiede bei der Vernetzung zu sonstigen herkömmlichen schienengebundenen ÖV-Systemen. Je nach Führung der Schienen (unterirdisch, ebenerdig oder erhöht auf Stützen) können dementsprechende Umsteigemöglichkeiten (mit Stiegen und Aufzügen) geschaffen werden. Die abrupte Ablenkung auf eine höhere oder niedrigere Ebene in den Stationen, wie bei der Rampenförderung bei Seilschwebbahnen, ist technisch jedoch auf Grund der Zuglänge usw. nicht möglich.

Als Beispiel für die Vernetzung von unterschiedlichen Verkehrsmitteln auf verschiedensten Ebenen kann eine Seilschwebbahn in Singapur genannt werden. Die Mittelstation befindet sich im 15.Stock eines Hochhauses und die öffentliche Verbindung mit Bussen, Bahn und U-Bahn erfolgt in den unteren Geschoßen des Gebäudes.<sup>57</sup> In wie weit die Verknüpfung zu den anderen ÖV-Systemen auf Grund der Lage der Zwischenstation im 15.Stock funktioniert, ist dabei aber zu hinterfragen, da hier die Leistungsfähigkeit der Lifтанlagen ausschlaggebend sind.

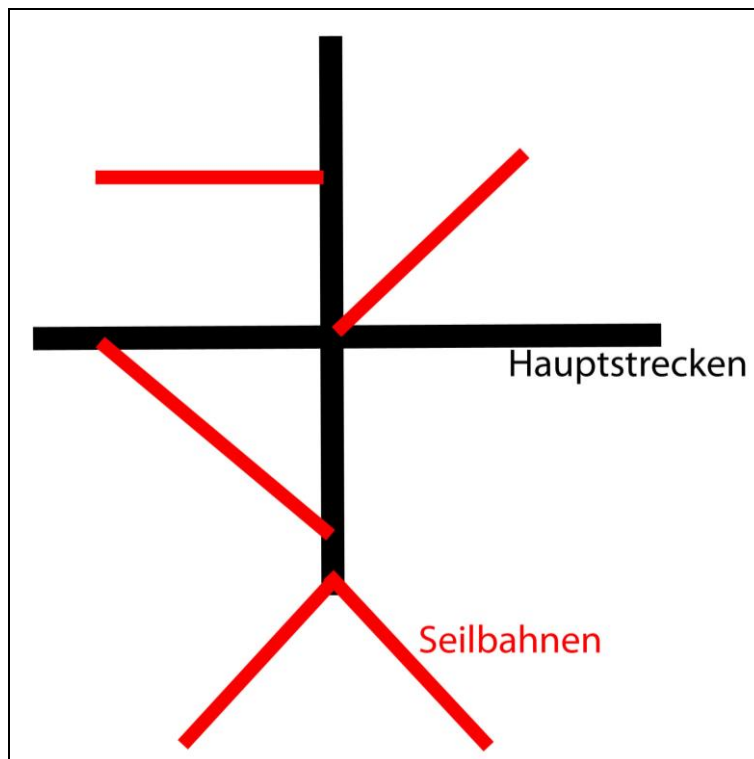
<sup>57</sup> Vgl. Monheim et al. 2010, S107.

Die Möglichkeiten der Eingliederung von Seilbahnen in ein bestehendes ÖV-Netz sind vom jeweiligen System abhängig. Da beim Punkt-Punkt-Betrieb von Seilbahnen keine Zwischenhaltestellen vorhanden sind, ist die Einbindung von Pendelbahnen in ein bestehendes ÖV-System schwieriger umsetzbar, wie bei Umlaufbahnen. Für die Vernetzung von Linien mit mehr Umsteigemöglichkeiten sind Seilschwebbahnen und Standseilbahnen im Umlaufbetrieb besser geeignet. Jedoch muss beachtet werden, dass mit der Anzahl der Umsteigemöglichkeiten, auch der Bedarf an Haltestellen steigt. Dabei wird die Reisegeschwindigkeit reduziert und etwaige Vorteile der Seilbahnen können gemindert werden.

Eine Kreuzung mit anderen Seilschwebbahnen auf demselben Niveau ist derzeit technisch nicht möglich.<sup>58</sup> Eine Parallelführung der Seilbahnsysteme bzw. eine zentrale Umsteigehaltestelle, mit sternförmiger Anlegung der Linien ist hingegen realisierbar.

In Abbildung 15 sind die Vernetzungsmöglichkeiten von Seilbahnen mit anderen Verkehrsmitteln dargestellt. Dabei werden als Hauptstrecken Schnellbahnen und U-Bahnen bezeichnet. Auf untergeordnete Verbindungen mit Straßenbahn oder Bus wurde keine Rücksicht genommen.

**Abbildung 15: Vernetzungsmöglichkeiten mit anderen ÖV-Systemen**



Quelle: eigene Darstellung

<sup>58</sup> Vgl. Monheim et al. 2010, S39.

Die Haltestellendichte ist dabei einerseits abhängig vom jeweiligen System (Punkt-Punkt- bzw. Linienbetrieb) und andererseits von der Nachfrage und den topografischen Gegebenheiten. Zu viele Haltestellen machen eine Seilbahn jedoch langsam und unattraktiv.

Seilbahnen sind somit bestens für die Schließung von Lücken im ÖPNV geeignet, also zum Beispiel an Flughäfen zur Verbindung von Terminals oder auch bei bestehenden Strecken von Schienenverkehrsmitteln, die aus historischen oder topografischen Gründen nicht verbunden sind, können vernetzt werden.<sup>59</sup> Somit können bei verkehrsplannerischen Versäumnissen bei der Erschließung einer Stadt mit herkömmlichen ÖV-Systemen, Seilbahnsysteme effizient eingesetzt werden.

#### **4.8 Bauzeit**

Die geringe Seilbahninfrastruktur wirkt sich auf die Bauzeit einer Anlage aus. Vor allem Einseilumlaufbahnen können sehr schnell (10-12 Monate) nach Baubeginn den Betrieb aufnehmen. Eine geringe Bauzeit lässt somit die rasche Nutzung der Seilbahnen im ÖPNV zu.<sup>60</sup> Bei Standseilbahnen ist die Bauzeit abhängig von der Führung der Gleisinfrastruktur. Bei einer unterirdischen Führung mit Tunnel steigt durch den zusätzlichen Bauaufwand natürlich die Bauzeit.

Als Projektbeispiel kann die Rheinseilbahn in Koblenz genannt werden. In rund 14 monatiger Bauzeit wurde die rund 1 Kilometer lange Seilschwebbahn in Umlaufbetrieb über den Rhein errichtet. Die Kosten für die Dreiseilbahn mit 18 Kabinen zu je 35 Personen betragen dabei rund 12 Millionen Euro.<sup>61</sup>

---

<sup>59</sup> Vgl. Monheim et al. (Hrsg.) 2009, S 27.

<sup>60</sup> Vgl. Auer 2012

<sup>61</sup> Vgl. Doppelmayr 2012c



## **5 Methodik der Analyse zur Einsetzbarkeit von Seilbahnen als ÖPNV-Systeme im urbanen Raum**

Die historische Entwicklung von Seilbahnen und deren Einsatzbereichen zeigt, dass Seilbahnen als ÖPNV-Systeme im urbanen Bereich in der Vergangenheit immer wieder eingesetzt wurden. Jedoch als „ernsthafte“ öffentliches Verkehrsmittel wurden sie erst Anfang dieses Jahrhunderts wieder entdeckt. Die Errichtung von Seilbahnen beschränkte sich lange Zeit auf den alpinen Raum, aber mit der Zunahme an Anwendungsbeispielen als ÖPNV-System steigt auch das öffentliche Interesse an diesem eher ungewöhnlichen Verkehrsmittel. Nun stellt sich die Frage der Chancen und Grenzen der Einsetzbarkeit von Seilbahnen als ÖPNV-System im urbanen Raum.

In diesem Kapitel wird die Methodik der Arbeit und somit der Analyse der Einsetzbarkeit von Seilbahnen als ÖPNV-System im urbanen Raum beschrieben.

### **5.1 Ermittlung der relevanten Seilbahnsysteme und der Vergleichssysteme des herkömmlichen ÖV (Schritt 1)**

Aus den einleitenden Definitionen und Grundlagen, sowie den Merkmalen von Seilbahnsystemen und deren Anforderungen für den ÖPNV-Einsatz, werden die relevanten Seilbahnsysteme für die Analyse abgeleitet. Somit werden nur ausgewählte Seilbahnen mit spezifischen Eigenschaften weiter betrachtet.

Mit der Ermittlung der Hauptseilbahnsysteme können weiters die relevanten herkömmlichen öffentlichen Verkehrsmittel für den Vergleich und Bewertung bestimmt werden. Es werden daher aus den bekanntesten öffentlichen Verkehrsmitteln (S-Bahn, U-Bahn, Straßenbahn und Linienbus), jene Systeme gewählt, die vergleichbare Eigenschaften bzw. Merkmale besitzen und somit überhaupt für den weiteren Vergleich in Betracht kommen. So wäre es zum Beispiel nicht sinnvoll, ein Massentransportmittel mit einem Ein-Mann-Transportmittel zu vergleichen und darüber Aussagen zu treffen.

Nach der Abgrenzung der relevanten Seilbahnsysteme und den relevanten herkömmlichen ÖV-Systemen kann eine vertiefende Analyse jedes einzelnen Systems erfolgen.

## **5.2 Analyse von Seilbahnsystemen und herkömmlichen ÖPNV-Systemen an Hand verschiedenster Aspekte und Indikatoren (Schritt 2)**

Um generelle Aussagen über die Einsetzbarkeit von Seilbahnen als ÖPNV-Systeme im urbanen Raum treffen zu können und einen Vergleich mit herkömmlichen ÖPNV-Systemen herzustellen zu können, müssen alle Systeme zuerst mit Hilfe von gewählten Aspekten und Indikatoren analysiert werden. Grundsätzlich werden Aspekte, also Themenbereiche, gewählt und mit den wichtigsten Indikatoren abgehandelt.

Für die Betrachtung der verschiedenen Aspekte werden selbstständig Themen gewählt, die eine breitgefächerte Darstellung der jeweiligen Systeme ermöglichen sollen. Da Raumplanung als Querschnittsmaterie betrachtet wird, soll auch die Analyse einen Querschnitt der unterschiedlichsten Materien bieten. So werden neben dem Hauptaspekt Verkehr auch die Aspekte: Wirtschaftlichkeit, Recht, Umwelt, Städtebau und Soziales berücksichtigt. Die Indikatoren sind zum größten Teil quantitativ analysierbar, aber es gibt auch Indikatoren die nur qualitativ zu analysieren sind.

Die Seilbahnen werden in den Kapiteln 7, 8 und 9 analysiert. Die Systeme werden mit der Theorie, also Standardwerten, sowie mit einem repräsentativen Projekt aus der Praxis dargestellt. Einerseits kann somit ein Vergleich zwischen Theorie und Anwendungsbeispiel hergestellt werden und andererseits können so etwaige Informationslücken bei der Datengrundlage geschlossen werden. Einige Indikatoren sind jedoch von individuellen Gegebenheiten eines Projektes abhängig, wie z.B. die architektonische Qualität. In diesen Fällen werden insbesondere die Praxisbeispiele näher betrachtet.

Die relevanten herkömmlichen ÖPNV-Systeme, die für den anschließenden Vergleich mit den Seilbahnsystemen herangezogen werden sollen, werden gemeinsam an Hand derselben Aspekte und Indikatoren in Kapitel 10.1 analysiert. Die Betrachtung erfolgt dabei zum Großteil auf Durchschnittswerten der Daten und Fakten der Wiener Linien.

Festzuhalten ist, dass keine Adaptierung der einzelnen Systeme erfolgt, da hier der Einsatzbereich der einzelnen Systeme verfälscht werden würde. So kann zum Beispiel die Pendelbahn mit ihrer maximalen Länge von 3 Kilometer nicht auf durchschnittliche Straßenbahnlinienlängen erweitert werden.

Die gewählten Aspekte und Indikatoren stellen eine Auswahl an Analysemöglichkeiten dar. Für die Analyse werden folgende Aspekte und Indikatoren betrachtet, wobei die Auswahl keinen Anspruch auf Vollständigkeit erhebt:

### 5.2.1 Verkehrliche Aspekte

Die verkehrlichen Aspekte stellen bei der Betrachtung der Einsatzmöglichkeiten von unterschiedlichen Systemen natürlich einen der wichtigsten Punkte für die Analyse dar. Insbesondere werden die Indikatoren Geschwindigkeit, Leistungsfähigkeit und Verkehrssicherheit betrachtet, wobei aber auch andere Indikatoren, wie die Linielänge, Haltezeit in den Stationen, Taktung und Fassungsvermögen für die Berechnungen dieser Indikatoren wichtig.

- Die GESCHWINDIGKEIT kann einerseits mit der theoretischen erreichbaren Höchstgeschwindigkeit der Systeme und andererseits durch die tatsächliche mittlere Geschwindigkeit (Fahrgeschwindigkeit) angegeben werden.

„Die Fahrgeschwindigkeit ist der Quotient aus der Länge des zurückgelegten Weges und der benötigten Zeit und beinhaltet auch allenfalls auftretende verkehrsbedingte Verzögerungen.“<sup>62</sup>

Die Fahrgeschwindigkeit setzt sich somit aus der zurückgelegten Strecke pro Zeiteinheit und Indikatoren, wie die Anzahl der Haltestellen und die Haltezeit in den Stationen für den Fahrgastwechsel zusammen (Interne Störquellen: z.B. leistungsfähige Einstiege und Bahnsteige). Als externe Störquellen bei herkömmlichen ÖV-Systemen werden Konflikte mit Knotenpunkten (Grüne Welle MIV), Überlastung (Kfz Rückstau, Verkehrsunfälle, Baustellen, Linksabbieger, wendende Fahrzeug), ruhender Verkehr (Falschparker, Lieferverkehr), erhöhtes Fahrgastaufkommen und Baustellen (Umleitung, Langsamfahren) bezeichnet.<sup>63</sup>

- Die LEISTUNGSFÄHIGKEIT einer ÖV-Linie ist von der Taktung der Fahrzeuge (Kursfolgezeit in Sekunden) und deren Fassungsvermögen (Plätze pro Fahrzeug) abhängig.<sup>64</sup> Die Leistungsfähigkeit bzw. Kapazität wird im ÖPNV mit Personen pro Stunde und Richtung (Pers/h & R) angegeben. In dieser Arbeit wird von der grundlegenden Leistungsfähigkeit des jeweiligen Systems, also die maximale Leistungsfähigkeit bei Vollbesetzung ausgegangen.
- Die VERKEHRSSICHERHEIT kann grundsätzlich durch verschiedenste Parameter bestimmt werden. Häufig wird jedoch ein Vergleich der Systeme mit Hilfe des Parameters „Unfälle mit Personenschaden“ (UPS) herangezogen:

„Ein Straßenverkehrsunfall mit Personenschaden (UPS) liegt dann vor, wenn auf öffentlichen Verkehrsflächen durch ein plötzlich eintretendes, mit dem Verkehr zusammenhängendes Ereignis, Personen getötet, verletzt oder sonst in ih-

---

<sup>62</sup> Cerwenka et al. 2004, S 41.

<sup>63</sup> Vgl. Cerwenka et al. 2004, S 178f.

<sup>64</sup> Vgl. Cerwenka et al. 2004, S 152.

rer Gesundheit geschädigt werden und daran zumindest ein in Bewegung befindliches Fahrzeug beteiligt ist.“<sup>65</sup>

Da Unfälle mit Seilbahnen, insbesondere als ÖPNV-System (noch) nicht in der Statistik aufscheinen, ist die Analyse und Vergleich auf den Grundlagen von UPS nicht möglich. Es wird somit das jeweilige Seilbahnsystem qualitativ an Hand seiner Voraussetzungen (z.B. eigener Fahrweg) und der Sicherheitseinrichtungen analysiert.

### **5.2.2 Wirtschaftliche Aspekte**

Die wirtschaftlichen Aspekte und vor allem die Kosten des jeweiligen Systems sind für die Planung und Bau eines Verkehrssystems entscheidend. Grundsätzlich werden die Indikatoren Investitionskosten und Betriebskosten ermittelt.

Die Kostenangaben werden auf Basis des jeweiligen Errichtungsjahr in Euro angegeben bzw. auch umgerechnet. Das Kostenniveau bei angenommenen Werten wird dabei auf europäischen bzw. österreichischen Niveau gewählt.

- Die INVESTITIONSKOSTEN eines Systems werden von den Baukosten der Infrastruktur bestimmt. Die Kosten für Grundstücke und Planung, müssen hier ausgegrenzt werden, da diese sehr von den örtlichen Gegebenheiten und dem jeweiligen Projekt abhängen. Bei der Betrachtung der Kosten werden grundsätzlich die Kilometerpreise bzw. Stückpreise der Elemente eines Systems angegeben. Daraus können die Baukosten, auf 1-Kilometer Linienlänge bezogen, errechnet werden bzw. bekannte Gesamtinvestitionskosten je nach Infrastrukturelementen aufgeschlüsselt und idealerweise rückvollziehbar gemacht werden.
- Die BETRIEBSKOSTEN eines Systems ergeben sich im Allgemeinen aus fixen und variablen Kosten. In der Analyse werden die variablen Kosten, also vorwiegend Kosten für Personal, Energie und Instandhaltung dargestellt.

Die tatsächlichen Jahreslohnkosten eines Betriebes, inklusive aller Zulagen und Zuschläge (z.B. für Sozialversicherung), werden vereinfacht mit dem 18 fachen des monatlichen Bruttogehaltes berechnet.<sup>66</sup> Das Lohnniveau in Österreich für Seilbahnbedienstet hängt von der jeweiligen Tätigkeit und der Gehaltsstufe ab. Das monatliche Grundgehalt liegt (laut Kollektivvertrag ab Mai 2011) zwischen 1.309 und 2.040 Euro.<sup>67</sup> Für weitere Berechnungen wird somit von monatlichen Lohnkosten von 2.000 Euro ausgegangen.

---

<sup>65</sup> Robatsch et al. 2009, S 35.

<sup>66</sup> Vgl. Badegruber S 8.

<sup>67</sup> Vgl. WKO 2011, Anhang I, S 26.

Als Betriebszeit für die Systeme wird von 16 Stunden pro Tag bei 360 Tagen ausgegangen. Insgesamt ergeben sich somit 5760 Betriebsstunden pro Jahr. Dies ergibt somit einen Personalbedarf für 2 Schichten.

Die Wartungskosten der jeweiligen Systeme mussten, auf Grund der Verfügbarkeit der Daten, teilweise aus vorhandenen Daten abgeleitet bzw. angenommen werden.

Üblicherweise werden Betriebskosten in Euro pro Fahrzeug-Kilometer angegeben. Der Vergleich von Seilbahnen mit herkömmlichen ÖPNV-Systemen würde daher nur insoweit Sinn machen, wenn die Betriebskosten für ein Beispielprojekt mit gleicher Linienlänge erstellt und verglichen werden würde. Dies ist geht jedoch über den Umfang dieser Arbeit hinaus, darum erfolgt die Analyse der jeweiligen Systeme mit Hilfe der Angabe der jährlichen Betriebskosten pro Sitzplatz.

### **5.2.3 Umweltaspekte**

Auswirkungen der Verkehrssysteme auf die Umwelt werden im Energieverbrauch, den daraus folgenden Emissionen und dem jeweiligen Bodenverbrauch abgeleitet.

- Der jährliche ENERGIEBEDARF ergibt sich aus der benötigten Energie zum Antrieb des Systems (z.B. Strom oder Treibstoff) und der Jahresbetriebsleistung (5760 Stunden). Der Energiebedarf des Systems beinhaltet dabei nicht nur den Antrieb, sondern auch den sonstigen Energiebedarf der Fahrzeuge wie Klimaanlage und Informationssysteme in den Fahrzeugen. Der jährliche Energieverbrauch wird hier in Megawattstunden pro Sitzplatz angegeben.
- Als EMISSIONEN von unterschiedlichen Systemen werden die CO<sub>2</sub>-Emissionen analysiert. Schadstoffemissionen hängen prinzipiell von der jeweiligen Energiequelle für den Antrieb ab. Je nach Energiequelle und Energieverbrauch pro Jahr entstehen somit Emissionsbelastungen pro Jahr. Natürlich entstehen neben den CO<sub>2</sub>-Emissionen bei der Energieerzeugung auch Schadstoffe, wie Kohlenwasserstoffe oder Staub, jedoch werden diese nicht berücksichtigt. Die Emissionswerte der einzelnen Energiequellen werden dabei an Hand von österreichischen Werten bzw. Standards berechnet. Die jährlichen CO<sub>2</sub>-Emissionen pro Verkehrsmittel werden wiederum pro Sitzplatz angegeben.

So entstanden in Österreich 2009 durchschnittlich 195,16 g CO<sub>2</sub> bei der Herstellung von einer Kilowattstunde Strom. Die spezifische Stromerzeugung eines Landes ist dabei abhängig von den jeweiligen Energieträgern, die zur Herstellung von Strom verwendet werden. Im Vergleich zu anderen Ländern ist der CO<sub>2</sub>-Emissionwert von 195,16 g CO<sub>2</sub>/kWh Strom eher niedrig, da rund 62,1 %

des Stroms aus erneuerbaren Energiequellen bezogen wird.<sup>68</sup> Die Stromproduktion findet dabei meist dezentral statt, sodass die Emissionsbelastungen in der Stadt durch den Elektromotor entfallen.

- Der BODENVERBRAUCH der jeweiligen Verkehrsmittel ergibt sich aus der benötigten Infrastruktur, also aus den (Aufstellflächen bei) Haltestellen und der Fahrbahn. Der individuelle Bodenverbrauch für die Errichtung eines Systems wird auf die Sitzplatzanzahl je System bezogen.

#### **5.2.4 Rechtliche Aspekte**

Bei den rechtlichen Aspekten müssen vor allem qualitative Aussagen getroffen werden. Eine Bewertung an Hand von Indikatoren ist dabei nicht möglich, jedoch ist eine Analyse der rechtlichen Eigenheiten des jeweiligen Systems sinnvoll. Betrachtet werden vor allem Themen, wie der rechtliche Umgang mit privatem Eigentum und Enteignungen bei der Planung und Bau eines Systems.

Insgesamt können somit nur Aussagen getroffen werden, die zwar nicht unmittelbar vergleichbar sind, dennoch für die Einsatzmöglichkeiten der verschiedenen Verkehrsmittel von Bedeutung sind. In der Gegenüberstellung der Ergebnisse, also in der Tabelle, wird der rechtliche Aspekt nicht angeführt, bei der Bewertung jedoch wieder aufgegriffen.

#### **5.2.5 Städtebauliche Aspekte**

Die städtebaulichen Aspekte beim Einsatz von Seilbahnen als ÖPNV-Systeme im urbanen Raum werden qualitativ analysiert.

- Beim EINFLUSS DER INFRASTRUKTUR AUF DAS STADTBILD wird die „Präsenz der Infrastruktur“ betrachtet. Dabei wird die Auffälligkeit der jeweiligen Infrastruktur im Stadtbild sowie das Eingliederungsvermögen in bestehende Strukturen diskutiert.
- Die Analyse und Bewertung der ARCHITEKTONISCHEN QUALITÄT der Infrastruktur unterliegt subjektiven Einschätzungen. Dennoch kann eine ansprechende Architektur ein Gewinn (Preise, Prestige, Attraktion,...) für die Stadt darstellen und somit qualitativ bewertet werden. Daher wird die Architektur der jeweiligen Infrastruktur eines Systems auf ihren Innovationsgehalt und Einzigartigkeit überprüft.

#### **5.2.6 Soziale Aspekte**

Die sozialen Aspekte werden mit den Indikatoren Akzeptanz und Barrierefreiheit/Benutzerfreundlichkeit analysiert.

---

<sup>68</sup> Vgl. E-Control 2010, S 14.

- Dabei ist die AKZEPTANZ durch die Nutzer des jeweiligen Systems sowie durch die betroffene Bevölkerung bzw. Nachbarn der Infrastruktur gemeint. Die Akzeptanz ist jedoch abhängig vom Errichtungsort, Betreiber, ÖV-System und unterliegt somit immer einer subjektiven Betrachtung.
- Die Nutzer von öffentlichen Verkehrsmitteln erwarten gewisse Qualitätskriterien wie Schnelligkeit, Komfort und Sicherheit zu einem angemessenen Preis. Diese Qualitätskriterien unterliegen subjektiven Gesichtspunkten, wie z.B. der individuellen Zugangszeit zu Haltestellen. Außerdem sind Kriterien wie z.B. Sauberkeit des Verkehrsmittels, abhängig von der jeweiligen Umsetzung und Betreiber.<sup>69</sup> Die Akzeptanz der Nutzer ist somit von unterschiedlichsten Gegebenheiten und Einstellungen, aber auch objektive Kriterien wie das Angebot (Taktung, Fahrzeit) und der Komfort (Ausstattung der Fahrzeuge z.B. Sitzplätze, Sicherheit) abhängig. Die Akzeptanz jedes Systems wird insoweit analysiert, dass alle möglichen negativen Akzeptanzpunkte ermittelt und qualitativ bewertet werden.
- Die BARRIEREFREIHEIT von ÖPNV-Systemen in Österreich ist weitestgehend geregelt und auch umgesetzt. „Die Republik (Bund, Länder und Gemeinden) bekennt sich dazu, die Gleichbehandlung von behinderten und nichtbehinderten Menschen in allen Bereichen des täglichen Lebens zu gewährleisten.“<sup>70</sup>

In der Analyse wird insbesondere auf die praktische Barrierefreiheit eingegangen, also vor allem die Benutzerfreundlichkeit durch mobilitätseingeschränkte Personen. Die jeweiligen Systeme und Hilfseinrichtungen werden daher in Hinblick ihrer Benutzerfreundlichkeit qualitativ bewertet.

---

<sup>69</sup> Vgl. Eichmann et al. 2006, S 224.

<sup>70</sup> B-VG Artikel 7 Abs. 1

### 5.3 Vergleich und Bewertung aller betrachteten Systeme (Schritt 3)

Die ermittelten quantitativen und qualitativen Ergebnisse der Aspekte und Indikatoren der gewählten Beispiele der Seilbahnsysteme, aber auch der herkömmlichen ÖPNV-Systeme, werden einander in Kapitel 10.2 in einer Tabelle gegenüber gestellt. In der Tabelle soll eine erste farbliche Bewertung erfolgen. Dabei werden die einzelnen Ergebnisse der Aspekte bzw. Indikatoren nach „bestem“ (grün) und „schlechtesten“ (rot) Wert farblich hervorgehoben. Es wird nur das beste bzw. schlechteste Ergebnisse der analysierten Systeme bewertet und nicht in Bezug zu anderen Systemen, die nicht in dieser Arbeit betrachtet wurden, gestellt.

Aspekte	Indikatoren		schlechteste - beste Bewertung	
Verkehr	Höchstgeschwindigkeit	km/h	niedrigste	höchste
	Haltezeiten	s	niedrigste	höchste
	Taktung	s	geringste	höchste
	Fassungsvermögen	Pers/Fzg	niedrigste	höchste
	Fahrgeschwindigkeit	km/h	niedrigste	höchste
	Leistungsfähigkeit	Pers/h & R	niedrigste	höchste
	Verkehrssicherheit	qualitativ	nicht sicher	sicher
Wirtschaft	Investitionskosten	€ Mio./km	niedrigste	höchste
	Betriebskosten	€/Fahrgast	niedrigste	höchste
Umwelt	Energiebedarf	MWh/Jahr	niedrigste	höchste
	CO2-Emissionen	Tonnen CO2/Jahr	niedrigste	höchste
	Bodenverbrauch	m <sup>2</sup> /System (/km-Linie)	niedrigste	höchste
Recht	Rechtliche Umsetzbarkeit	qualitativ		
Städtebau	Einfluss der Infrastruktur auf das Stadtbild	qualitativ	hoher	niedriger
	Architektonische Qualität	qualitativ	niedrig	hohe
Soziales	Akzeptanz - Qualitätskriterien	qualitativ	niedrige	hohe
	Barrierefreiheit - Benutzerfreundlichkeit	qualitativ	schlechte	gute

Quantitative Werte, wie z.B. das jeweilige Fassungsvermögen können dabei eindeutig bewertet werden, so ist zum Beispiel das System mit der höchsten Leistungsfähigkeit im Vergleich zu den anderen Systemen der Analyse, das beste und wird somit mit „grün“ bewertet. Jenes System, aus allen betrachteten Systemen, mit der



geringsten Leistungsfähigkeit ist das „schlechteste“ aus der Auswahl und wird mit „rot“ bewertet.

Bei qualitativen Ergebnissen, wie bei den städtebaulichen und sozialen Aspekten, wird die Bewertung an Hand von objektiven Kriterien gefällt. Ziel dieser farblichen Darstellung ist eine Gegenüberstellung der Stärken und Schwächen der einzelnen Systeme im Vergleich zu allen betrachteten Systemen.

Anhand der Tabelle werden die einzelnen Aspekte und Indikatoren verglichen und so die jeweiligen Stärken und Schwächen der Verkehrsmittel ermittelt. Die Kombination der Indikatoren ermöglicht die Ableitung der Einsatzmöglichkeiten von Seilbahnen als ÖPNV-Systeme.

## 6 Relevante Seilbahnsysteme für den ÖPNV-Einsatz im urbanen Raum und herkömmliche ÖV-Systeme

### 6.1 Relevante Seilbahnsysteme

Im urbanen Raum werden je nach Anforderungen (Nachfrage, Topografie, usw.) die unterschiedlichsten Seilbahnen eingesetzt. Als eher ungewöhnliches Verkehrsmittel werden dabei die Systeme der Seilschwebbahn betrachtet. Da Standseilbahnen nicht immer einfach von herkömmlichen schienengebundenen Verkehrsmitteln zu unterscheiden sind, ist der Einsatz im urbanen Raum nicht derart ungewöhnlich wie bei Seilschwebbahnen.

Aus den Merkmalen von Seilbahnen und deren Anforderungen für den ÖPNV-Einsatz können folgende Hauptsysteme für den urbanen Raum abgeleitet werden (siehe Tabelle 7). Diese Seilbahnen werden im Anschluss einzeln betrachtet und analysiert.

**Tabelle 7: Hauptseilbahnsysteme im ÖPNV-Einsatz**

		<b>Punkt-Punkt-Betrieb</b>	<b>Linienbetrieb</b>
		<b>Pendelbahn</b>	<b>Umlaufbahn</b>
<b>Seilschwebbahn</b>		<ul style="list-style-type: none"> <li>- Anschluss von Siedlungen, Nutzungen an Stadt (bis 3 km Länge)</li> <li>- Barriereüberwinder</li> <li>- bewältigt leicht große Höhenunterschiede</li> <li>- leicht vernetzbar</li> <li>- keine Zwischenhaltestellen</li> <li>- kaum flexibel bei Nachfrageschwankungen (Geschwindigkeitsanpassung)</li> <li>- geringe Bauzeit</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Stetigförderer: ÖV-Linien tauglich (bis 11 km Länge)</li> <li>- Barriereüberwinder</li> <li>- bewältigt leicht große Höhenunterschiede</li> <li>- leicht vernetzbar</li> <li>- geringe Haltestellendichte</li> <li>- flexibel bzgl. Nachfrageschwankungen (Geschwindigkeit und zusätzliche Kabinen)</li> <li>- geringe Bauzeit</li> </ul>
		<b>Automated People Mover (Pendelbetrieb)</b>	
<b>Standseilbahn</b>		<ul style="list-style-type: none"> <li>- Innere Erschließung in Arealen und Anschluss von Verkehrsknotenpunkte (Flughafen, Bahnhof,...) (bis 3 km-Länge)</li> <li>- bewältigt leicht große Höhenunterschiede</li> <li>- ermöglicht unterirdische Verbindungen</li> <li>- vernetzbar</li> <li>- mit oder ohne Zwischenhaltestellen einsetzbar</li> <li>- kaum flexibel bei Nachfrageschwankungen (Geschwindigkeitsanpassung)</li> <li>- mittlere bis hohe Bauzeit (abhängig von der Gleislage)</li> </ul>	

Quelle: Eigene Darstellung

Am häufigsten werden Seilschwebbahnen im Pendel- und im Umlaufbetrieb bei der Überwindung von Barrieren eingesetzt. Sie zeichnen sich außerdem durch die geringe Bauzeit aus.

Ein APM ermöglicht eine unterirdische Führung der Infrastruktur und wird auf kurzen Distanzen eingesetzt. Bei Standseilbahnen im Pendelbetrieb gibt es meist nur den Punkt-Punkt-Betrieb, aber auch Linienbetrieb mit einer dritten Haltestelle ist möglich. Oftmals werden im Pendelbetrieb aber nur mit Seilbahnen zwei Stationen errichtet.

Standseilbahnen im Umlaufbetrieb sind zwar technisch umsetzbar, jedoch findet man sie in der Praxis kaum. Für die Analyse der Einsetzbarkeit von Seilbahnen als ÖPNV-System werden somit

- die Seilschwebbahn im Pendelbetrieb (Pendelbahn) (Kapitel 7),
- die Einseilschwebbahn im Umlaufbetrieb (Kapitel 8) und
- der Automated People Mover (Kapitel 9)

an Hand der gewählten Aspekte und Indikatoren betrachtet.

## **6.2 Vergleichbare herkömmlichen ÖPNV-Systeme**

Um die relevanten herkömmlichen ÖPNV-Systeme zu bestimmen, werden die Merkmale von Seilbahnen und deren Anforderungen für den ÖPNV-Einsatz herangezogen.

Auf Grund der beschränkten Linienlängen bei Seilbahnen können insbesondere Pendelbahnen zum Einsatz als hochrangiges öffentliches Verkehrsmittel (S-Bahn und U-Bahn) einer Stadt ausgeschlossen werden. Auch Umlaufbahnen, die für Längen von bis zu 5km eingesetzt werden, können nicht mit den Einsatzlängen von herkömmlichen schienengebundenen Verkehrsmitteln, wie S-Bahn und U-Bahn, konkurrieren.

Die U-Bahnlinie U4 in Wien hat zum Beispiel eine Länge von 16,4 km und die U1 eine Länge von 14,5 km.<sup>71</sup> U-Bahnen und S-Bahnen sind daher für die Analyse und den Vergleich mit Seilbahnen nicht geeignet.

Da Seilbahnen weiters vor allem in mittleren Städten<sup>72</sup> eingesetzt werden, sind jene öffentlichen Verkehrsmittel zu wählen, die in Städten dieser Größe normalerweise angeboten werden. Als mittlere Städte können vor allem Städte mit bis zu 500.000 Einwohnern gezählt werden. Dort kommen vor allem Straßenbahnen (siehe Tabelle 6), aber auch Busse zum Einsatz.

---

<sup>71</sup> Vgl. Wiener Linien 2012a und 2012b

<sup>72</sup> Vgl. Auer 2012

In Städten mit geringeren Einwohnerzahlen kommt als ÖPNV-System meist nur der Linienbus zum Einsatz, da hier eine geringe Nachfrage herrscht. Der Linienbus kann somit ebenso ein konkurrierendes Verkehrsmittel für Seilbahnsysteme darstellen.

Als herkömmliche ÖPNV-Systeme, mit denen Seilbahnen als ÖPNV-System im urbanen Raum konkurrieren können, werden somit

- der Linienbus und
- die Straßenbahn

in Kapitel 10.1 analysiert.

## 7 Analyse von Seilschwebebahnen im Pendelbetrieb am Beispiel Portland Aerial Tram

Das System der Seilschwebebahn im Pendelbetrieb wird anhand der definierten Aspekte und Indikatoren zur Überprüfung der Einsetzbarkeit im urbanen Raum analysiert. Dabei wird das theoretische System, sowie das Praxisbeispiel der Portland Aerial Tram in den USA betrachtet. Die Portland Aerial Tram wurde 2006 errichtet und verbindet ein Universitätsgelände auf einem Hügel mit der Stadt. Die Pendelbahn ist dabei durch die Talstation gut an das öffentliche Verkehrsnetz (Bus und Straßenbahn) angebunden.

**Abbildung 16: Die Portland Aerial Tram**



Quelle: Monheim et al. 2010, Umschlag

Daten <sup>73</sup> der Portland Aerial Tram	
Baujahr	2006
Länge	1006m
Kabineanzahl	2 zu je 78 Sitzplätze
Max. Geschwindigkeit	35 km/h
Fahrzeit	ca. 3 Minuten
Hersteller	Doppelmayr

### 7.1 Verkehrliche Aspekte:

#### 7.1.1 Geschwindigkeiten

Die Geschwindigkeit kann bei Pendelbahnen bis zu 43,2 km/h betragen. Technisch möglich sind derzeit Großkabinen mit Platz für bis zu 200 Personen, aber auch Kleinkabinen für 6 Personen sind einsetzbar.<sup>74</sup>

<sup>73</sup> Vgl. Monheim et al. 2010, S 104.

Zum Ein- und Aussteigen der Fahrgäste ist im Stationsbereich eine Haltezeit von 40 bis 90 Sekunden, je nach Kabinengröße, zum Ein- und Aussteigen einzuplanen.<sup>75</sup>

Die Höchstgeschwindigkeit der Pendelbahn in Portland liegt bei 35 km/h. Die maximale Geschwindigkeit stellt jedoch nicht die Fahrgeschwindigkeit dar, da die Haltezeiten nicht berücksichtigt sind. Inklusive der Haltezeiten in den Stationen ergibt sich somit eine Fahrzeit von 270 Sekunden pro Strecke, wobei nicht beachtet wurde, dass beim Ein- bzw. Ausfahren aus den Stationen nicht mit maximaler Geschwindigkeit gefahren wird. Die mittlere Geschwindigkeit (Fahrgeschwindigkeit) der Seilschwebbahn im Pendelbetrieb ergibt somit rund 13,4 km/h und liegt damit deutlich unter der maximalen Geschwindigkeit.

### **7.1.2 Leistungsfähigkeit**

Die Leistungsfähigkeit von Seilschwebbahnen im Pendelbetrieb hängt von der Geschwindigkeit, der Kabinengröße und der Fahrbahnlänge ab. Bei einer maximalen Länge von 3 Kilometer, einer maximalen Kabinengröße von 200 Personen, einer Höchstgeschwindigkeit von 43,2 km/h und einer Haltezeit von 90 Sekunden in der Endstation, benötigt die Seilbahn rund 5:30 Minuten für eine Strecke. Dies bedeutet wiederum eine theoretische maximale Leistungsfähigkeit von max. 2.000 Personen pro Stunde und Richtung.

Dieses Beispiel kann als oberste Grenze der Leistungsfähigkeit betrachtet werden, da die typischen Kapazitäten bei Pendelbahnen zwischen 1.600 und 2000 Personen pro Stunde und Richtung angegeben werden.<sup>76</sup>

Grundsätzlich gilt, je kürzer die Strecke eines Pendelbetriebs ist, desto höher ist die Leistungsfähigkeit. Bei Pendelbetrieb ist daher darauf zu achten, dass eine möglichst gerade und kurze Verbindung für die Planung zu bevorzugen wird.<sup>77</sup>

Die Portland Aerial Tram erreicht bei einer angenommenen Haltezeit in den Stationen von jeweils 45 Sekunden, und somit einer „Taktung“ von 270 Sekunden eine errechnete Leistungsfähigkeit von rund 1040 Personen pro Stunde und Richtung.

### **7.1.3 Verkehrssicherheit**

Moderne Seilschwebbahnen zählen zu den sichersten Verkehrsmitteln, da sie auf einer eigenen Ebene verkehren und insbesondere wegen der vielen automatischen Überwachungssysteme auch menschliches Versagen erkannt und korrigiert werden

---

<sup>74</sup> Vgl. Monheim et al. 2010, S 31.

<sup>75</sup> Vgl. Czitary 1962, S 122.

<sup>76</sup> Vgl. Monheim et al. 2010, S 32.

<sup>77</sup> Vgl. Czitary 1962, S 127.

kann. Auffahrunfälle und Zusammenstöße sind auf Grund der zwei fix montierten Kabinen und den getrennten Fahrwegen nicht möglich.<sup>78</sup>

Grundsätzlich können bei Unfällen mit Seilbahnen rund 80% aller Fehler auf Fehlverhalten von Fahrgästen oder Personal und 20% auf technische Fehler zurückgeführt werden.<sup>79</sup>

Bei technischen Problemen gibt es die verschiedensten Möglichkeiten die Passagiere zu bergen: Es gibt Hilfs- oder Notantriebe die bei einem Stromausfall die Kabinen in die Stationen bringen können. Weiters können Fahrgäste durch Abseilvorrichtungen der Kabinen abgeseilt werden, oder bei zu großen Höhen werden unabhängig betriebene Bergebahnen eingesetzt. Mittels Helikopter können ebenso Personen evakuiert werden.<sup>80</sup>

Die Aerial Tram in Portland verfügt über ein Zugseil und zwei Tragseile. Die Seilbahn ist für den Fall eines Stromausfalls mit einem Generator ausgestattet und steht unter ständiger Computerüberwachung.<sup>81</sup>

Die technischen Weiterentwicklungen machen jedoch die Systeme immer sicher bzw. die strengen Sicherheitsrichtlinien müssen gegeben sein und sind europaweit einheitlich.

## **7.2 Wirtschaftliche Aspekte**

Die wirtschaftlichen Aspekte bei Seilschwebbahnen im Pendelbetrieb ergeben sich aus den Investitions- und den Betriebskosten. Die Ermittlung der einzelnen Kostenkomponenten ist nicht immer einfach und die Kosten können, da Seilbahnen kein Massenprodukt ist, von Projekt zu Projekt sehr stark variieren.

### **7.2.1 Investitionskosten**

Die Baukosten einer Seilschwebbahn hängen insbesondere von der Infrastruktur ab, also Stationen, Stützen, Seile und Kabinen. Da bei Seilschwebbahnen im Pendelbetrieb der Punkt-Punkt-Betrieb angewendet wird, gibt es keine Zwischenstationen. Die Anzahl der Stützen hängt von den topografischen Gegebenheiten und der Länge der Seilbahn ab. Bei großen Kapazitäten der Kabinen sind jedoch mehrere Seile nötig um die diese befördern zu können.

Für den Bau sind „[...] nach oben hohle Trassen gegenüber nach oben gewölbten [...]“<sup>82</sup> vorzuziehen, da hier weniger Stützen benötigt werden und somit die Kosten

---

<sup>78</sup> Vgl. Monheim et al. 2010, S 100.

<sup>79</sup> Vgl. Oplatka 2008

<sup>80</sup> Vgl. Doppelmayr 2012a

<sup>81</sup> Vgl. Portland Aerial Tram 2012

verringert werden können. Außerdem haben weniger Stützen einen positiven Effekt auf die Seilabnutzung.

Die Standardkosten der einzelnen Komponenten einer Seilschwebbahn im Pendelbetrieb für eine Linienlänge von 1 Kilometer sind in Tabelle 8 dargestellt.

**Tabelle 8: Standardkosten einer Pendelbahn mit 1km Länge**

Elemente	Standardkosten einer Pendelbahn mit 1 km-Länge [Mio. €]	Portland Aerial Tram
Antriebsstation	4,48	
Umkehrstation	4,48	
Seil (2km)	2,3	
1 Stütze (60m)	1,5	
2 Fahrzeuge	2,7	
<b>Gesamtkosten</b>	<b>15,46 Mio. €</b>	<b>43 Mio. €</b>

Quelle: Garaventa 2012

Die ursprünglich erwarteten Baukosten der Portland Aerial Tram betragen 2002 umgerechnet rund 11,4 Mio. Euro. Diese Kosten, ohne Planungs- und Architekturkosten, wurden jedoch bei weitem übertroffen. Die Kosten mussten während des Baus immer wieder nach oben korrigiert werden. Als Gründe wurden vor allem hohe Stahlpreise, der schwache Dollar sowie technische Änderungen genannt. Der tatsächliche Preis der Pendelbahn lag 2006 dann bei umgerechnet rund 43 Millionen Euro.<sup>83</sup> Leider können keine genauen Angaben über die Zusammensetzung der einzelnen Komponenten gemacht werden. Die ursprünglichen Kostenangaben hätten jedoch in etwa den in Tabelle 8 errechneten Standardkosten einer Pendelbahn entsprochen.

Zum Vergleich der Kosten kann auch die Pendelbahn „Streetcar in the Sky“ in New York herangezogen werden. Die Seilbahn wurde 2010 modernisiert, wobei bis auf drei Stützen die ganze Infrastruktur erneuert wurde. Die Kosten dafür betragen umgerechnet rund 10 Mio. Euro.<sup>84</sup>

Als Durchschnittswert auf Grund der errechneten Gesamtkosten wird für weitere Zwecke mit von Standardkosten von rund 15 Millionen pro Pendelbahn-km gerechnet.

### 7.2.2 Betriebskosten

Zu den Betriebskosten von Seilbahnsystemen zählen die Energiekosten, Kosten für Schmiermittel, Kosten für laufende Instandhaltung der mechanischen Teile bzw.

<sup>82</sup> Czitary 1962, S 127.

<sup>83</sup> Vgl. Portland Aerial Tram 2012

<sup>84</sup> Vgl. Blaustein 2011



Rücklagen für Erneuerungen und Kosten für laufende Instandhaltung der Bauwerke. Weiters werden Personalkosten und sonstige Unkosten zu den Betriebskosten gezählt.<sup>85</sup>

Die Personalkosten sind abhängig von der Förderleistung, der Anzahl der Stationen und der täglichen Betriebszeit, aber auch dem örtlichen Lohnniveau.<sup>86</sup> Bei Seilschwebbahnen im Pendelbetrieb entfallen die Zwischenstationen mit Personal.

In beiden Endstationen wird je eine Person für den Betrieb benötigt. Die Beförderung mit Großkabinen erfordert je Kabine eine Person.<sup>87</sup> Dies entspricht einem Personalbedarf von etwa 4 Personen pro Schicht. Bei zwei Schichten bedeutet dies einen Personalbedarf von 8 Personen.

Die tatsächlichen Lohnkosten eines Betriebes, inklusive aller Zulagen und Zuschläge für zum Beispiel Sozialversicherung, werden bei einer vereinfachten Rechnung mit dem 18 fachen des monatlichen Bruttogehaltes berechnet.<sup>88</sup> Die Lohnkosten auf österreichischem Lohnniveau für Seilbahnbedienstet kann mit durchschnittlich 2.000 Euro angenommen werden.<sup>89</sup> Insgesamt entstehen somit Personalkosten, bei 8 Personen, von 288.000 Euro im Jahr.

Der Energiebedarf der Portland Aerial Tram Pendelbahn liegt bei ca. 90 kWh pro Stunde.<sup>90</sup> Im 2. Halbjahr 2011 lagen die Industrie- und Gewerbestrompreise in Österreich bei rund 6,6 Cent pro kWh.<sup>91</sup> Bei einer täglichen Bedienung von 16 Stunden (jährliche Betriebsstunden: 5760 h) ergibt dies Energiekosten von rund 34.200 Euro pro Jahr.

Die jährlichen Wartungskosten sind nicht immer eindeutig quantifizierbar und hängen stark vom System und der Technik, aber auch von den Betriebszeiten ab. Die Wartungskosten von Pendelbahnen sind im Vergleich mit Umlaufbahnen geringer, da die Abnutzung auf Grund von nur zwei Kabinen und weniger Stützen geringer ist.

Die Wartungskosten bei Pendelbahnen werden von Garaventa mit rund 28.000 Euro pro Jahr angegeben<sup>92</sup>.

Die Aufstellung der einzelnen Kostenkomponenten ist in Tabelle 9 dargestellt. Bei einer Seilschwebbahn im Pendelbetrieb mit 1 Kilometer Länge entstehen somit jährliche Betriebskosten von rund 336.000 Euro.

---

<sup>85</sup> Vgl. Czitary 1962, S 401.

<sup>86</sup> Vgl. Monheim et al. 2010, S 74.

<sup>87</sup> Vgl. Garaventa 2012

<sup>88</sup> Vgl. Badegruber S 8.

<sup>89</sup> Vgl. WKO 2011, Anhang I.

<sup>90</sup> Vgl. Garaventa 2012

<sup>91</sup> Vgl. E-Control 2012

<sup>92</sup> Vgl. Garaventa 2012

**Tabelle 9: Jährliche Betriebskosten von Seilschwebbahnen im Pendelbetrieb**

Kostenkomponenten	Standardkosten [€/Jahr]	Portland Aerial Tram [€/Jahr]
Personal	288.000*	
Energie (5760h)	34.214*	
Wartung	28.000**	
<b>Betriebskosten gesamt</b>	<b>335.814 €* </b>	<b>rund 1,3 Mio. €***</b>

Quelle: \*eigene Berechnungen. \*\*Garaventa 2012. \*\*\*Wikipedia 2012

Bei der Aerial Tram in Portland wurde im Jahr 2002 ursprünglich von jährlichen Betriebskosten von umgerechnet 693.000 Euro gesprochen. Die tatsächlichen Betriebskosten in Portland werden jedoch, wie die Investitionskosten, deutlich überschritten. Mit rund 1,3 Mio. Euro an jährlichen Betriebskosten entspricht dies beinahe dem Doppelten der ursprünglichen Kosten. Bei insgesamt 156 Sitzplätzen der gesamten Seilbahn und Betriebskosten von 1,3 Mio. € im Jahr ergibt dies umgerechnet auf die Anzahl der Sitzplätze jährliche Betriebskosten von 8.333 Euro pro Sitzplatz.

## 7.3 Umweltaspekte

### 7.3.1 Energiebedarf

Bei einem durchschnittlichen Energiebedarf von 90 kWh pro Stunde und einem 16 Stundenbetrieb liegt der Gesamtenergieverbrauch bei 518.400 Kilowattstunden pro Jahr. Umgerechnet auf die Anzahl der Sitzplätze (560 Sitzplätze) ergibt dies einen jährlichen Energieverbrauch von 3,3 MWh pro Sitzplatz.

### 7.3.2 CO<sub>2</sub>-Emissionen

Da Seilbahnen mittels Elektromotor angetrieben werden, entstehen direkt vor Ort keine Schadstoffemissionen. CO<sub>2</sub>-Emissionen können jedoch durch die Primärenergieerzeugung von Strom in Österreich quantifiziert werden.

**Tabelle 10: CO<sub>2</sub>-Emissionen bei der Stromerzeugung**

Schadstoff	CO <sub>2</sub> -Emissionen pro kWh Stromerzeugung (Österreich 2009)	Jährliche CO <sub>2</sub> -Emissionen bei Stromerzeugung für eine Pendelbahn
Kohlendioxid CO <sub>2</sub>	195,16 g	101,17 t

Quelle: E-Control 2010. Eigene Berechnungen.

Bei einem errechneten Energiebedarf der Portland Aerial Tram von 518,4 MWh pro Jahr ergibt dies jährliche CO<sub>2</sub> Emissionen von 101,17 Tonnen auf österreichischer Basis. Pro Sitzplatz ergibt dies CO<sub>2</sub>-Emissionen von 648,5 kg pro Jahr und Sitzplatz.

### 7.3.3 Bodenverbrauch

Der Bodenverbrauch einer Seilschwebebahn ergibt sich insbesondere aus der verankerten Bodeninfrastruktur, also die beiden Stationen und die Stützen.

Mehr Seile bedeuten grundsätzlich einen geringeren Bedarf an Stützen, jedoch benötigen diese Seilbahnen dann stärkere Stützenbauwerke.<sup>93</sup>

Das Fundament einer 20 bis 50 Meter hohen Rohrstütze ist ein Quadrat mit einer Seitenlänge von 2 Metern. Pro Stütze ergibt sich somit ein Bodenverbrauch von 4m<sup>2</sup>. Die Stationen sind je nach Kabinengröße zu bemessen, aber mindestens 20m breit und 20m lang.<sup>94</sup>

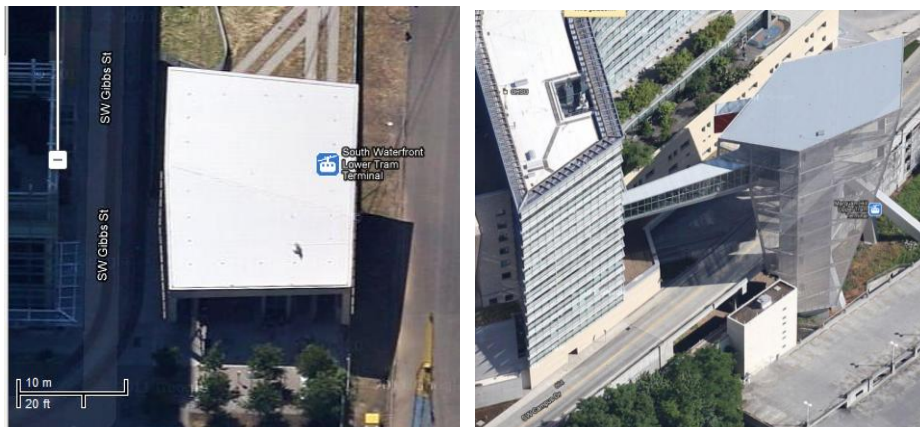
**Abbildung 17: Stütze der Portland Aerial Tram**



Quelle: Goggle StreetView (01.03.2012)

Die einzige Stütze der Portland Aerial Tram (Abbildung 17) nimmt eine Fläche von rund 4m mal 2,5m beim Stützenfuß ein. Der Bodenverbrauch, inklusive dem eingezäunten Plateau rund um die Stütze, wird mit 12m mal 12m geschätzt, also insgesamt wird eine Bodenfläche von 144 m<sup>2</sup> bei der einzigen Stütze verbraucht.

**Abbildung 18: Tal- und Bergstation Portland Aerial Tram**



Quelle: Google Maps Abfrage (01.03.2012)

<sup>93</sup> Vgl. Monheim et al. 2010, S 73.

<sup>94</sup> Vgl. Garaventa 2012

Die Talstation (Abbildung 18 links) benötigt eine geschätzte Fläche von rund 18m mal 20m also insgesamt 360m<sup>2</sup>. Die Bergstation (Abbildung 18 rechts) ist einem bestehenden Gebäude vorgelagert. Am Hang schwebt sie scheinbar über einer Straße und ist mit dem Gebäude über einen Verbindungsgang verbunden. Der Bodenbedarf wird hier mit rund 20m<sup>2</sup> geschätzt.

**Tabelle 11: Bodenverbrauch bei Pendelbahnen**

Komponenten	Standardwerte (bei 1 Stütze)	Portland Aerial Tram
1 Stütze	4m <sup>2</sup>	144m <sup>2</sup>
Stationen	2*400m <sup>2</sup>	360m <sup>2</sup> +20m <sup>2</sup>
<b>Bodenverbrauch gesamt</b>	<b>mindestens 804 m<sup>2</sup></b>	<b>864m<sup>2</sup></b>

Insgesamt wurde für den Bau der Portland Aerial Tram eine Fläche von 864m<sup>2</sup> verbaut. Pro Sitzplatz ergibt dies einen Bodenverbrauch von 5,24m<sup>2</sup>.

## 7.4 Rechtliche Aspekte

Die relevanten rechtlichen Aspekte in Bezug auf Konzession, Bau und Betrieb von Seilbahnen wurden bereits eingangs in der Darstellung des Seilbahngesetz 2003 abgehandelt. Weiters werden jedoch Besonderheiten bezüglich Parteistellung bei der Baubewilligung, zivilrechtliche Verträge und Enteignungen in der Analyse betrachtet:

Bei der Baubewilligung haben insbesondere Betroffene Parteistellung. „Betroffene Liegenschaften sind außer den durch den Bau selbst in Anspruch genommenen Liegenschaften auch die, die in den Bauverbotsbereich zu liegen kommen sowie diejenigen, die wegen ihrer Lage im Gefährdungsbereich Veränderungen oder Beschränkungen unterworfen werden könnten.“<sup>95</sup>

Im urbanen Raum kann auf Grund der beengten Platzverhältnisse hier eine Vielzahl an Betroffenen und somit Beteiligten entstehen. Alle Einwendungen müssen berücksichtigt werden. Etwaige zivilrechtliche Ansprüche müssen laut § 41 Abs. 1 SeilbG 2003 über den Zivilrechtsweg abhandeln werden.

Hier sind insbesondere Vereinbarungen zwischen den Betreiber und Grundeigentümer gemeint. In der Praxis handelt es sich dabei um zivilrechtliche Verträge, in denen Überfahrtsrechte über Grundstücke geregelt werden.<sup>96</sup> Zur Anwendung kommt bei diesen Verträgen das „Allgemeine bürgerliches Gesetzbuch“<sup>97</sup>.

Kommt es bei der Bauverhandlung zu Einwendungen seitens der Liegenschaftseigentümer bezüglich „der Verletzung subjektiv-öffentlicher Rechte“ und überwiegt

<sup>95</sup> SeilbG 2003 § 40

<sup>96</sup> Vgl. Auer 2012

<sup>97</sup> Vgl. AGBG 1811

das öffentliche Interesse am Bau der Seilbahn („Vorteil für die Öffentlichkeit größer ist als der Nachteil“), dann können Einsprüche als unbegründet abgewiesen werden.<sup>98</sup>

Infolge kann es somit auch zu Enteignungen kommen. In Bezug auf Enteignungen ist laut § 97 SeilG das Eisenbahnteilungsgesetz 1954<sup>99</sup> anzuwenden. In der Praxis wird jedoch versucht den Großteil der Seilbahninfrastruktur auf öffentlichen Flächen zu errichten.<sup>100</sup> So soll die Anzahl der betroffenen Liegenschaften und somit etwaige Einsprüche gegen den Bau reduziert werden.

Grundsätzlich besteht ein Bauverbotsbereich im Umkreis von 12m beiderseits des äußeren Seilstranges, jedoch können Ausnahmen von der Behörde gewährt werden. Diese Bewilligung entfällt jedoch, wenn es eine Einigung zwischen Seilbahnunternehmen und Anrainer gibt und die Sicherheit durch das Unternehmen bestätigt wird.<sup>101</sup>

Im urbanen Raum sind weiters die Pflichten der Seilbahnunternehmen für den Einsatz von Seilbahnen von Bedeutung. Die Unternehmen sind verpflichtet Maßnahmen zu treffen, sodass keine Schäden auf öffentlichem und privatem Gut auftreten. Das Seilbahnunternehmen haftet für alle Bau-, Betriebs- und Bestandsschäden an benachbarten Liegenschaften.<sup>102</sup>

In Bezug auf das Umweltverträglichkeitsprüfungsgesetz<sup>103</sup> gibt es keine Verweise für die Errichtung von Seilbahnen im urbanen Raum. Grundsätzlich sind Seilbahnen nur in bestimmten Situationen UVP-pflichtig, denn laut UVP 2000 Anhang 1 Z12 sind nur Seilförderanlagen bei Neuerrichtung von Pistenanlagen von mehr als 20 ha erforderlich. Da dies in der Stadt nicht zutrifft, sind urbane Seilbahnen grundsätzlich nicht UVP pflichtig. Natürlich kann auf Grund des Eingriffes in andere Gesetzesmaterien (z.B. Errichtung einer Seilbahn in einem Natura 2000-Gebiet) eine Umweltverträglichkeitsprüfung verpflichtend werden.

## **7.5 Städtebauliche Aspekte**

### **7.5.1 Einfluss der Infrastruktur auf das Stadtbild**

Durch den eigenen erhöhten Fahrweg einer Seilschwebbahn stellt der Bau einer Pendelbahn immer einen Eingriff ins Stadtbild dar. Im Pendelbetrieb verkehren je-

---

<sup>98</sup> SeilbG 2003, § 42

<sup>99</sup> EisbEG 1954

<sup>100</sup> Vgl. Auer 2012

<sup>101</sup> Vgl. SeilbG 2003, §§ 53

<sup>102</sup> Vgl. SeilbG 2003, § 100

<sup>103</sup> UVP 2000

doch nur zwei Kabinen, die weniger auffällig sind, als die vielen Kabinen einer Seilschwebebahn im Umlaufbetrieb.

Die Beförderungshöhe der Seilschwebebahn ist von der Nutzung der darunterliegenden Flächen und den rechtlichen Richtlinien abhängig. Die üblichen Fahrwegshöhen werden auf die „[...] +1/+2-Ebene im städtischen Kontext [...]“<sup>104</sup> angegeben.

Die verschiedensten Techniken der Systeme lassen die Dimensionen und auch den absoluten Bedarf an Stützen immer geringer ausfallen. Die Anzahl der Stützen hängt dabei von der Anzahl der Seile und den topografischen Gegebenheiten ab.

Seilschwebebahnen im Pendelbahnen haben drei oder vier Seile und können größere Spannweiten, als Einseilumlaufbahnen erzielen. Genaue Angaben konnten nicht gefunden werden, da aber maximale Längen von 3 Kilometer bei Seilschwebebahnen im Pendelbetrieb und bei Umlaufbahnen bis zu 3 Kilometer Spannweiten erreicht werden können, wird die maximale Spannweite in diesem Bereich liegen.

In Portland liegt die Spannweite der Bergstation und der einzigen Stütze bei knapp einem Kilometer und die Stütze ist rund 27 Meter hoch.<sup>105</sup>

Der Einfluss der Infrastruktur auf das Stadtbild wird insgesamt bei Pendelbahnen, aber auch bei der Portland Aerial Tram, als gering eingestuft. Einerseits werden meist wenige Stützen benötigt und es verkehren nur 2 Kabinen. Andererseits ist durch die geringe Linienlänge insgesamt keine große Stadtfläche überspannt und somit beeinflusst.

### **7.5.2 Architektonische Qualität**

Die Architektur von Seilschwebebahnen im Pendelbetrieb ist schwer zu vereinheitlichen, da die Produktion der Bahnen nicht am Fließband erfolgt. Je nach örtlichen Gegebenheiten und Wünsche der Kunden, können die verschiedensten architektonischen Eigenheiten entstehen. Stationen können neutral und einfach aber auch architektonisch ausgefallen sein und sich dementsprechend in die jeweilige Umgebung einfügen. Ebenso gibt es bei der Gestaltung von Kabinen und Stützen die verschiedensten Möglichkeiten.

In Portland wurde beispielweise die Talstation nüchtern und einfach gehalten, die Bergstation hingegen zeigt sich modern und hat internationale Architekturpreise gewonnen.<sup>106</sup> Die Seilbahn zeigt, dass bei einer ansprechenden Architektur, keine Beeinträchtigung der architektonischen Qualität besteht, jedoch kann die Anpassung ans Stadtbild auch mit erheblichen Kosten verbunden sein. Eine hohe archi-

---

<sup>104</sup> Monheim et al. 2010, S 58.

<sup>105</sup> Vgl. Melek et al. 2007, S 36.

<sup>106</sup> Vgl. The Gondola Project 2012

tektonische Qualität ist aber durch die individuellen Gestaltungen der Pendelbahnen möglich.

## 7.6 Soziale Aspekte

### 7.6.1 Akzeptanz

„Die minimalinvasiven Eigenschaften des Verkehrssystems Seilbahn wirken sich i.d.R. positiv auf die Akzeptanz [...] aus.“<sup>107</sup> Derzeit gibt es jedoch keine Studien bezüglich der Akzeptanz von Nutzern und Betroffenen.

Bei Großkabinen, mit Fassungsvermögen von bis zu 200 Personen, kann der subjektive Platzbedarf eines einzelnen Menschen sehr eingeschränkt sein. Mit der Größe der Kabinen, also wie es bei Pendelbahnen üblich ist, sinkt das Platzangebot und die subjektive Reisequalität der Passagiere kann sinken. Die Ausstattung der Kabinen mit Fahrgastinformationssystemen, Transparenz der Kabinen, Innenausstattung und die Möglichkeit der Mitnahme von Gütern, wie Gepäck und Fahrrad kann positiv zur Akzeptanz der Nutzer beitragen.

Weitere Probleme kann es bei etwaigen Überfahrungen von Privatgrundstücken geben, deren Eigentümer sich durch die Seilschwebbahn beobachtet fühlen. Der Einblick in private Gärten kann demnach zum Widerstand der Bevölkerung für den Bau führen oder erfordert zusätzliche Kosten mit dem Einbau von verdunkelbaren Scheiben.<sup>108</sup>

Sicherheitsbedenken können vor allem in Bezug auf den Abstand zum Boden entstehen, da Fahrgäste im Falle eines Gebrechens das Fahrzeug nicht einfach verlassen können. Bei Höhenangst der Passagiere können Pendelbahnen kein geeignetes Verkehrsmittel sein.

In Portland war der Widerstand bei der Planung der Pendelbahn in Hinblick der Überfahrung eines Wohngebietes und den daraus folgenden Einblickmöglichkeiten in die Gärten groß.<sup>109</sup> Mit der Einbindung der Bevölkerung und Verlegung der Trasse konnte die Seilbahn dennoch realisiert werden, jedoch spiegelt sich dieser Widerstand auch in den deutlich überschrittenen Kosten für den Bau wieder.

Insgesamt werden Seilschwebbahnen im Pendelbetrieb somit mit einer mittleren Akzeptanz durch die Nutzer und Anrainer bewertet. Eine Beteiligung der Bevölkerung von Beginn an ist dabei ausschlaggebend für den Erfolg eines Seilbahnprojekts.

---

<sup>107</sup> Monheim et al. 2010, S 68.

<sup>108</sup> Vgl. Monheim et al. 2010, S 63.

<sup>109</sup> Vgl. The Gondola Project 2012, S 2.

### 7.6.2 Barrierefreiheit

Die Barrierefreiheit und Benutzerfreundlichkeit ist bei Seilschwebbahnen im Pendelbetrieb gegeben, da die fix montierten Kabinen in den jeweiligen Stationen stehen bleiben und das Ein- und Aussteigen von körperlich beeinträchtigten Personen kein Problem ist. Der Ein- bzw. Ausgang der Kabinen ist dabei auf einem Niveau mit dem Bahnsteig. In den Großkabinen ist weiters genügend Platz um Rollstühle und Kinderwägen mitzunehmen.

Bei Kabinen mit einer Kapazität von mehr als 50 Personen, ist meist Personal anwesend, dass zusätzlich bei Problemen behilflich sein kann.<sup>110</sup>

Die Benutzerfreundlichkeit für mobilitätseingeschränkte Personen ist insbesondere durch die Stopps in den Stationen, dem mitfahrenden Personal, sowie den ausreichend großen Kabinen gegeben. Die Barrierefreiheit bzw. Benutzerfreundlichkeit der Portland Aerial Tram wird insgesamt somit mit hoch bewertet.

---

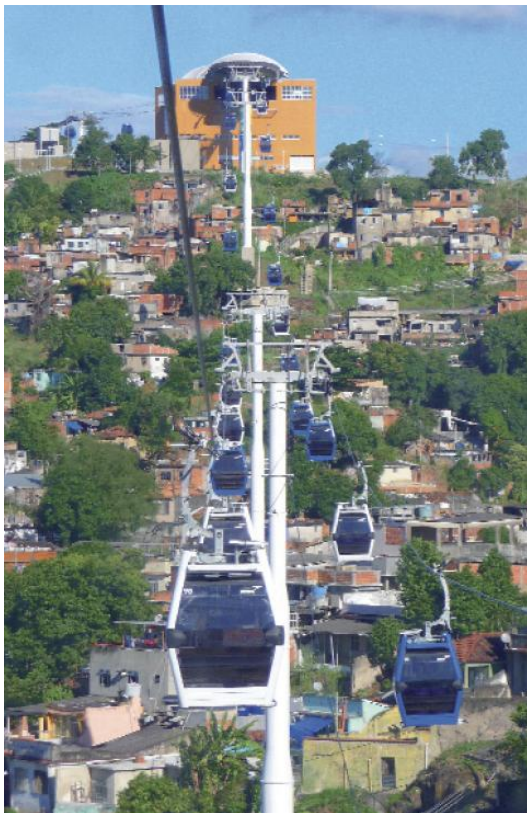
<sup>110</sup> Vgl. Seeber 2010, S 90.



## 8 Analyse von Seilschwebbahnen im Umlaufbetrieb am Beispiel der Aerial Tramway, Rio de Janeiro

Seilschwebbahnen im Umlaufbetrieb zeichnen sich dadurch aus, dass es sich um Stetigförderer handelt, die, je nach Technik, unterschiedlich viele Seile und Kabinengrößen besitzen. Als Anwendungsbeispiel aus der Praxis dient die 2011 eröffnete Einseilumlaufbahn in Rio de Janeiro. Mit insgesamt sechs Haltestellen ist sie derzeit eine der besten Praxisbeispiele einer Umlaufseilbahn im Linienverkehr. Die Seilbahn erschließt ein dicht verbautes Gebiet, das bisher kaum öffentlich erschlossen war, mit dem Stadtzentrum.

**Abbildung 19: Aerial Tramway in Rio de Janeiro**



Quelle: <http://www.poma.net/media/presse/dp-rio-all.pdf> (Stand: 14.2.2012)

Daten Aerial Tramway in Rio de Janeiro <sup>111</sup>	
Baujahr	2011
Länge	3456 m
Kabineanzahl	152 für je 10 Personen
max. Geschwindigkeit	18 km/h
Fahrzeit	ca. 17 Min
Hersteller	Leitner-Poma

<sup>111</sup> Vgl. Leitner-Poma 2012, S 4.

Wie in Kapitel 2.2.2 gezeigt wurde, gibt es unterschiedliche Typen von Seilschwebbahnen im Umlaufbetrieb, die unterschiedliche Eigenschaften besitzen. Für die Analyse wird in Folge nur die Einseilumlaufbahn betrachtet um dieses System mit der gewählten Beispielbahn in Rio de Janeiro vergleichbar zu machen. Theoretisch gibt es auch Systeme mit größeren Kabinen wie z.B. eine Dreiseilumlaufbahn mit einem Fassungsvermögen von 35 Personen.

## **8.1 Verkehrliche Aspekte**

### **8.1.1 Geschwindigkeit**

Die Kabinen der Einseilumlaufbahnen können in der Theorie mit einer Geschwindigkeit von bis zu 21 km/h vom Zugseil gezogen werden. In den Stationen werden die Kabinen abgebremst und im Schrittempo weiterbewegt und nach dem Ein- und Aussteigevorgang werden die Kabinen auf die Zugseil-Geschwindigkeit beschleunigt und eingekuppelt.<sup>112</sup> Bei einer maximalen Geschwindigkeit von 21 km/h und einer max. Fahrbahnlänge von 11 Kilometer bedeutet dies eine Fahrzeit von rund 37 Minuten, wenn es keine Zwischenstationen gibt. Bei Zwischenstationen müssen je nach Anzahl der Stationen zusätzliche Zeit für das langsame Durchfahren der Stationen beachtet werden.

Der Zeitverlust pro Station bei Umlaufbahnen wird dabei mit rund 2 Minuten pro Station angegeben. Bei einer Linienlänge von 3 Kilometer sind somit Haltestellenabständen von 1 Kilometer bzw. 1,5 Kilometer zwischen den Stationen sinnvoll. Die Kursfolgezeit der Kabinen in den Stationen liegt beinahe bei null, da die Kabinen auf Grund der Auskuppeltechnik dicht hintereinander durch die Stationen fahren.<sup>113</sup>

Die Höchstgeschwindigkeit der Aerial Tramway in Rio de Janeiro liegt mit 18 km/h knapp unter der theoretischen Maximalgeschwindigkeit von Einseilumlaufbahnen. Insgesamt verkehren 152 Kabinen auf einer Strecke von rund 3,5 Kilometern zwischen den beiden Endstationen.<sup>114</sup> Dies bedeutet einen Abstand der Kabinen von rund 46 Metern am Seil. Der Haltestellenabstand der Stationen beträgt im Durchschnitt rund 690 Meter.

Die Fahrzeit wird bei der Aerial Tramway von Endstation zu Endstation, also mit den langsamen Durchfahrtszeiten in den Stationen, mit rund 17 Minuten angegeben. Daraus kann die Fahrgeschwindigkeit berechnet werden. Bei einer Strecke von

---

<sup>112</sup> Vgl. Monheim et al. 2010, S 27.

<sup>113</sup> Vgl. Auer 2012

<sup>114</sup> Vgl. Leitner-Poma 2012, S 4.

3456 Meter und einer Fahrzeit von 17 Minuten liegt die mittlere Geschwindigkeit somit bei rund 12 km/h.

### **8.1.2 Leistungsfähigkeit**

Im Gegensatz zu Pendelbahnen hängt die Leistungsfähigkeit von Umlaufseilbahnen, nicht von der Fahrbahnlänge ab, da ständig Kabinen in einer hohen Taktung (stetig) in der Station ankommen. Die Leistungsfähigkeit hängt bei Umlaufseilbahnen somit nur von der Fahrgeschwindigkeit, sowie der Kabinengröße ab. Einseilumlaufbahnen besitzen, bei einem maximalen Fassungsvermögen von 15 Personen, eine maximal theoretische Kapazität von 3600 Personen pro Stunde und Richtung.<sup>115</sup>

In Rio de Janeiro liegt die Leistungsfähigkeit der Aerial Tramway, aufgrund der geringeren Kapazität der Kabinen von 10 Personen, bei ca. 2.800 Personen pro Stunde und Richtung.

### **8.1.3 Verkehrssicherheit**

Wie bei Seilschwebbahnen im Pendelbetrieb verläuft das Seil auf einer eigenen Ebene. Technisch gesehen unterliegen alle Seilbahnen gewissen Sicherheitsstandards und können somit als eines der sichersten Verkehrsmittel betrachtet werden.

Mit der Anzahl der Seile erhöht sich die Windstabilität<sup>116</sup> und somit reduziert sich das Risiko des Auspringens des Seils bei hohen Windstärken. Heutige Einseilbahnen besitzen ein elektronisches Seillageüberwachungssystem und können bis zu Windgeschwindigkeiten von 60 km/h verkehren<sup>117</sup>.

In den Stationen aber auch auf der Strecke sind Umlaufbahnen mit Überwachungssystemen ausgestattet: „[...] durch Wippenbegrenzungen, Verdrehsicherungen, von der Seilklemme überfahrbare Seilfänger auf der Strecke, sowie durch den unabhängige Notantrieb.“<sup>118</sup>

## **8.2 Wirtschaftliche Aspekte**

### **8.2.1 Investitionskosten**

Die Möglichkeit des Einsatzes verschiedener technischer Systeme, die vor allem durch die unterschiedliche Anzahl an Seilen definiert werden (Kapitel 2.2.2), macht Seilschwebbahnen im Umlaufbetrieb im Einsatz sehr flexibel. Die Infrastruktur kann sich an örtliche Gegebenheiten wie Windverhältnisse oder große zu über-

---

<sup>115</sup> Vgl. Monheim et al. 2010, S 32.

<sup>116</sup> Vgl. Monheim et al. 2010, S 29.

<sup>117</sup> Vgl. Monheim et al. 2010, S 33.

<sup>118</sup> Leitner 2012a

spannende Bereiche anpassen. Die unterschiedliche Technik spiegelt sich jedoch in den Kosten der Infrastruktur wieder.

Daher ist die Linienführung bei Umlaufbahnen, wie bei Pendelbahnen, möglichst geradlinig zu wählen.<sup>119</sup> Bei Umlaufbahnen werden meist Zwischenstationen gebaut, in denen auch Ablenkungen des Seils erfolgen können.

Die Kosten für Haltestellen, die vor allem von der Geschwindigkeit und der Förderleistung abhängig sind, entsprechen ca. dem Preis von zwei Endstationen.<sup>120</sup> Geringe Geschwindigkeiten in den Stationen erhöhen dabei die Kosten für Stationen, da für die Beschleunigung bzw. Abbremsung der Kabinen zum Auskuppeln, mehr Platz benötigt wird und somit die Stationen größer zu dimensionieren sind.<sup>121</sup> Dies zeigt, dass mit der Anzahl der Stationen die Kosten für die Bahn steigen.

Da Einseilumlaufbahnen nur ein Seil besitzen, ist der Seildurchhang höher und es werden mehr Stützen benötigt.<sup>122</sup> Dies bedeutet, dass mehr Stützen als zum Beispiel bei Dreiseilumlaufbahnen errichtet werden müssen.

Bei Einseilumlaufbahnen können dafür kostengünstigere Stützen (Rohrstützen statt Fachwerkstützen) verwendet werden und auch die Kosten für das Seil sind geringer, da nur ein Seil benötigt wird.<sup>123</sup>

Die Standardkosten der einzelnen Elemente sind in Tabelle 12 dargestellt. Daraus können sich die durchschnittlichen Investitionskosten für einen Kilometer einer Einseilumlaufbahn mit einer Zwischenstation ableiten.

**Tabelle 12: Investitionskosten von Einseilumlaufbahnen**

Elemente	Standardkosten (1km-Linie)		Aerial Tramway, Rio de Janeiro (3,5km)	
	Anzahl	Kosten	Anzahl	errechnete Kosten aus den Standardkosten
Antriebsstation (1=2 Mio.€)	1	2 Mio.	1	2 Mio.
Umkehrstation (1=1,5 Mio.€)	1	1,5 Mio.	1	1,5 Mio.
Zwischenstation (1=3 Mio.€)	1	3 Mio.	4	12 Mio.
Seil (1km=0,15 Mio.€)	2km	0,3 Mio.	7km	1,05 Mio.
Stütze (1=0,18 Mio.€)	7	1,2 Mio.	24	4,32 Mio.
Kabine (1=0,025 Mio.€)	44	1,1 Mio.	152	3,04 Mio.
<b>Gesamtkosten</b>		<b>9,1 Mio.</b>		<b>23,91 Mio.</b>

Quelle: Monheim et al. 2010, S 73. Leitner-Poma 2012.

<sup>119</sup> Vgl. Czitary, 1962, S 119ff.

<sup>120</sup> Vgl. Monheim et al. 2010, S 73.

<sup>121</sup> Vgl. Auer 2012.

<sup>122</sup> Vgl. Monheim et al. 2010, S 29.

<sup>123</sup> Vgl. Monheim et al. 2010, S 73.

In Rio de Janeiro werden die offiziellen Investitionskosten (für Elektromechanik und Poma-Dienste) mit umgerechnet 20 Millionen Euro angegeben.<sup>124</sup> Dies entspricht in etwa den errechneten Kosten von rund 23,9 Millionen Euro aus den Standardkosten.

Die theoretischen Investitionskosten für 1 km Einseilumlaufbahn betragen rund 9 Mio. Euro. Die angegebenen Investitionskosten laut Hersteller der Aerial Tram in Rio de Janeiro von 20 Mio. Euro ergeben, umgerechnet auf den Kilometerpreis, rund 5,7 Mio. Euro pro Kilometer.

### **8.2.2 Betriebskosten**

Die Personalkosten sind vor allem abhängig von den Zwischenstationen und ob diese mit Personal besetzt sind oder ob es sich um bedienerlose Stationen handelt. Auch Umkehrstationen können entweder mit Personal besetzt sein, oder bedienerlos sein. Bei einer Umkehrstation sowie bei Zwischenstationen sind normalerweise zwei Personen erforderlich, bei unbesetzten Stationen entfallen diese zwei Personen. In der Antriebsstation hingegen sind immer 4 Personen (Betriebsleiter, Maschinist, zwei Stationsbedienstete) erforderlich.<sup>125</sup>

Bei der Variante der Nicht-Besetzung von Zwischenstationen, jedoch der beiden Endstationen, werden 6 Personen pro Schicht für den Betrieb benötigt. Wie bei den Pendelbahnen wird von zwei Schichten und einem Bruttolohn von 2.000 Euro monatlich ausgegangen, wobei das Lohnniveau zum Vergleich auf österreichischem Lohnniveau errechnet wird. Bei einem theoretischen Personalbedarf von 6 Personen pro Schicht bei 2 Schichten ergeben sich somit jährliche Personalkosten von 432.000 €.

Der durchschnittliche Energieverbrauch einer Einseilumlaufbahn (Leistungsfähigkeit 2800 Pers/h & R) wird mit ca. 220 kWh pro Stunde angegeben.<sup>126</sup> Die Industrie- und Gewerbestrompreise in Österreich lagen im 2. Halbjahr 2010 bei rund 6,6 Cent pro kWh.<sup>127</sup> Bei einem jährlichen Betrieb von 5760 Stunden ergibt dies Energiekosten von 83.635,2 Euro pro Jahr.

Die Wartungskosten von Seilbahnen konnten nicht standardisiert werden. Grundsätzlich sind jedoch Einseilumlaufbahnen mit einem höheren Wartungsaufwand als Pendelbahnen verbunden da mehr Infrastruktur bewegt wird. Im Umlaufbetrieb sind weiters Dreiseilbahnen kostengünstiger als Einseilbahnen. Der Verschleiß bei urbanen Seilbahnsystemen ergibt sich insbesondere auch durch den längeren Betriebs-

---

<sup>124</sup> Vgl. Leitner-Poma 2012, S 4.

<sup>125</sup> Vgl. Monheim et al. 2010, S 74.

<sup>126</sup> Vgl. Monheim et al. 2010, S 74.

<sup>127</sup> Vgl. E-Control 2012

zeiten im ÖV.<sup>128</sup> Genaue Angaben können jedoch leider nicht getroffen werden. Die Wartungskosten werden somit aus der Pendelbahn abgeleitet (Standardwerte=Pendelbahn mal Faktor 1,5).

Die Personalkosten in Rio de Janeiro setzen sich somit aus dem Personal aus den beiden Endstationen (je Schicht 6 Personen) und dem Personal aus den Zwischenstationen zusammen. Obwohl nicht herausgefunden werden konnte, ob die Zwischenstationen besetzt sind, wird dies auf Grund von Bildermaterial angenommen. Dies ergibt einen Personalbedarf von 8 Personen pro Schicht für die Haltestellen. Insgesamt ergeben sich bei zwei Schichten und jeweils 14 Personen pro Schicht somit Personalkosten von jährlich rund 1 Mio. Euro (auf Basis österreichischen Lohnniveau).

Bei annähernd gleichen Betriebszeiten (5760 h/a) der Aerial Tramway in Rio de Janeiro können ersatzweise die Energiekosten von jährlich 126.720 € übernommen werden.

Für die Wartungskosten der Aerial Tramway wird davon ausgegangen, dass diese den Großteil der Betriebskosten ausmachen. Die Wartungskosten werden somit aus der Pendelbahn abgeleitet (Aerial Tramway in Rio de Janeiro= Pendelbahn mal Faktor 1,5 mal 3,5km) und ergeben rund 147.000 Euro pro Jahr.

**Tabelle 13: Jährliche Betriebskosten von Einseilumlaufbahnen**

Kostenkomponenten [pro Jahr]	Standardkosten [€/Jahr] (bei 12 Pers.)	Aerial Tramway, Rio de Janeiro [€/Jahr] (14 Pers.)
Personal	410.400	1.008.000
Energie (5760h)	126.720	126.720
Wartung	42.000*	147.000**
<b>Betriebskosten</b>	<b>579.120 €</b>	<b>1,28172 Mio. €</b>

\*Ann. Wartungskosten Pendelbahn mal 2. \*\*Ann. Wartungskosten Pendelbahn mal 5,25

Bei insgesamt 1520 Sitzplätzen und Betriebskosten von rund 1,28 Mio. € im Jahr ergibt dies, umgerechnet auf die Anzahl der Sitzplätze, jährliche Betriebskosten von 843 € pro Sitzplatz.

### 8.3 Umweltaspekte

Die Auswirkungen von Umlaufbahnen sind vergleichbar mit Pendelbahnen und weichen daher nur geringfügig ab. Natürlich gibt es wiederum Unterschiede bei den verschiedenen technischen Systemen. Einseilumlaufbahnen benötigen daher im

<sup>128</sup> Vgl. Auer 2012

Vergleich zu Dreiseilumlaufbahnen weniger Energie und somit entstehen weniger Schadstoffe bei der Stromerzeugung.

### 8.3.1 Energiebedarf

Der Energiebedarf bei Einseilumlaufbahnen (Leistungsfähigkeit: 2800 Per/h & R) wird mit 150 bis 300 kWh pro Stunde angegeben.<sup>129</sup> Bei einem durchschnittlichen Energiebedarf von angenommen 220 kWh pro Stunde und einem 16 Stundenbetrieb ergibt dies einen Gesamtenergieverbrauch von 1,26723 Gigawattstunden pro Jahr (5760 Stunden). Umgerechnet auf die Anzahl der Sitzplätze ergibt dies einen jährlichen Energieverbrauch von 0,83 MWh pro Sitzplatz.

### 8.3.2 CO<sub>2</sub>-Emissionen

Für die benötigte Energie von rund 1,3 GWh pro Jahr einer Einseilumlaufbahn wird rund 278,8 Tonnen CO<sub>2</sub> produziert.

**Tabelle 14: Schadstoffemissionen bei Stromerzeugung**

Schadstoff	CO <sub>2</sub> -Emissionen pro kWh Stromerzeugung (Österreich 2009)	Jährliche CO <sub>2</sub> -Emissionen bei Stromerzeugung für eine Einseilumlaufbahn
Kohlendioxid CO <sub>2</sub>	195,16 g*	247,307 t

Quelle: \*E-Control 2010. Eigene Berechnungen.

Pro Sitzplatz der Aerial Tramway in Rio de Janeiro ergibt dies 162,7 kg CO<sub>2</sub> pro Jahr und Sitzplatz.

### 8.3.3 Bodenverbrauch

Der Bodenverbrauch bei Umlaufbahnen wird durch die Anzahl der Stützen, sowie der Anzahl der Zwischenstationen bestimmt.

Der Platzbedarf für die Stationen hängt von der Geschwindigkeit der Bahn ab, da mit der Geschwindigkeit der Flächenbedarf für die Bahnsteige steigt. Umgekehrt kann gesagt werden, dass bei beengten Platzverhältnissen für die Stationen nur gewisse Geschwindigkeiten erreicht werden können. Im urbanen Raum sind außerdem meist nur gerade Ein- und Ausstiegsmöglichkeiten einsetzbar. Somit wird bei üblichen Geschwindigkeiten von 0,15m/s in Stationen, Stationslängen von 20 bis 30 Meter benötigt.<sup>130</sup> Eine Charakteristik einer Umlaufbahn ist, dass es mehrere Haltestellen gibt und somit der Bodenverbrauch mit der Anzahl der Stationen steigt. Eine Station benötigt dabei rund 600m<sup>2</sup> Fläche.

Mit Einseilumlaufbahnen können kürzere Distanzen überspannt werden, als bei Dreiseilumlaufbahnen. Derzeit können nämlich nur Strecken bis zu 3 Kilometer, oh-

<sup>129</sup> Vgl. Monheim et al. 2010, S 74.

<sup>130</sup> Vgl. Auer 2012.

ne Stütze, überspannt werden.<sup>131</sup> Die Stützen fallen bei Einseilumlaufbahnen jedoch meist kleiner aus, wobei die Mindesthöhe des Seilverlaufs mit 9 bis 11 Meter angegeben wird.<sup>132</sup> Eine verhältnismäßig kleine Stütze von einer Höhe von 10 Meter benötigt ein Fundament von ca. 1,6m mal 1,6 m, also eine Fläche von rund 2,6 m<sup>2</sup>.<sup>133</sup>

In Rio de Janeiro gibt es insgesamt 24 Stützen, die höher als 10 Meter sind, jedoch ihr Fundament entspricht in etwa dem oben genannten Beispiel von 2,6 m<sup>2</sup>, wodurch sich ein Bodenverbrauch für die Fundamente von insgesamt 61,44 m<sup>2</sup> ergibt.

### Abbildung 20: Zwischenstationen mit öffentlichen Einrichtungen



Quelle: <http://www.jauregui.arq.br/teleferico.html> (Stand: 05.03.2012)

In Abbildung 20 ist eine Zwischenstation der Aerial Tramway in Rio de Janeiro dargestellt. Die Stationen, die auch mehrere Stockwerke besitzen, benötigen meist mehr Fläche, da die Teilabschnitte unterschiedlich bedient werden können und Ablenkungen des Seils erfolgen. Weiters befinden sich in und rund um die Gebäude öffentliche Einrichtungen, wie Bibliotheken, Gesundheits- und Bildungszentren, Beratungsstellen usw.<sup>134</sup> Die Größe von Stationen wird, in Bezug auf Abbildung 20 mit 30m Länge und 20m Breite angenommen. Bei sechs Stationen, also inklusive den beiden Endstationen, bedeutet dies einen Flächenbedarf von 3600 m<sup>2</sup>.

**Tabelle 15: Bodenverbrauch bei Einseilumlaufbahnen**

Komponenten	Standardwerte (7 Stützen, 3 Stationen))	Aerial Tramway Rio de Janeiro (24 Stützen, 6 Stationen)
Stütze	7*2,6m <sup>2</sup>	24*2,6m <sup>2</sup>
Stationen	3*600m <sup>2</sup>	6*600m <sup>2</sup>
<b>Bodenverbrauch gesamt</b>	<b>ca. 1818 m<sup>2</sup></b>	<b>ca. 3662 m<sup>2</sup></b>

<sup>131</sup> Vgl. Monheim et al. 2010, S 29.

<sup>132</sup> Czitary 1962, S 150

<sup>133</sup> Vgl. Monheim et al. 2010, S 60.

<sup>134</sup> Vgl. Leitner-Poma 2012



Bei einem Kilometer Länge einer Einseilumlaufbahn wird ca. 1820 m<sup>2</sup> an Boden verbraucht. In Rio de Janeiro wurde für den Bau der Aerial Tramway eine Fläche von insgesamt rund 3660 m<sup>2</sup> für die Stützen und die Haltestationen benötigt. Pro Sitzplatz ergibt dies einen Bodenverbrauch von 2,4 m<sup>2</sup>.

## 8.4 Rechtliche Aspekte

Rechtlich gesehen gibt es keine Unterschiede zu Seilschwebbahnen im Pendelbetrieb. Somit wird hier auf das Kapitel 7.4 verwiesen.

Die Aerial Tramway in Rio de Janeiro überfährt viele Grundstücke bzw. Häuser. Ob dies in Österreich rechtlich genauso umsetzbar wäre, ist jedoch zu hinterfragen.

## 8.5 Städtebauliche Aspekte

### 8.5.1 Einfluss der Infrastruktur auf das Stadtbild

Der Einfluss von Umlaufseilbahnen auf das Stadtbild ist ähnlich wie bei Pendelbahnen. Unterschiede gibt es vor allem in Hinblick auf den Bodenverbrauch und somit das Stadtbild.

„Einseilbahnen haben auf Grund der geringeren Vorspannung des Förderseils größere Durchhänger, weshalb sie mehr Stützen benötigen und eher dem Geländeverlauf folgen.“<sup>135</sup> Je nach Topografie ragen die Stützen mehr oder weniger aus dem Umfeld heraus und der Streckenverlauf ist deutlich im Stadtbild erkennbar.

Durch den Einsatz von Zwischenhaltestellen können wiederum markante Einschnitte ins Stadtbild erfolgen. Je nach Höhe und Lage der Bauten können sie sich gut oder schlecht ins Umfeld eingliedern.

### Abbildung 21: Aerial Tramway in Rio de Janeiro.



Quelle: <http://www.jauregui.arq.br/teleferico.html> (Stand: 05.03.2012)

<sup>135</sup> Seeber 2010, S 30.

In Abbildung 21 ist der Verlauf der Einseilumlaufbahn in Rio de Janeiro zu erkennen, da die Stützen und die Stationen deutlich aus dem Stadtbild herausragen. Bei einer Linienlänge von 3,5 Kilometern und 24 Stützen ergibt dies einen durchschnittlichen Abstand zwischen den Stützen von rund 146 Metern. Der Haltestellenabstand beträgt im Durchschnitt 690 Meter. In der Mitte des Bildes, im Hintergrund sind weiters deutlich die Kabinen über den Dächern erkennbar, auch wenn das Seil nicht zu sehen ist.

Der Einfluss der Infrastruktur von Einseilumlaufbahnen auf das Stadtbild kann mit mittel bis hoch beurteilt werden.

### **8.5.2 Architektonische Qualität**

Die architektonische Qualität kann durch die individuelle Gestaltung der Stationen, wie in Rio de Janeiro, aber auch der Kabinen hoch sein.

## **8.6 Soziale Aspekte**

### **8.6.1 Akzeptanz**

Die Akzeptanz der Nutzer für Umlaufseilbahnen kann im Grunde mit der für Pendelbahnen gleichgesetzt werden. Bei Umlaufseilbahnen entfällt der punktuelle Massentransport, da die Passagiere in Kleinkabinen verkehren und die Privatsphäre im Verkehrsmittel ist mehr gegeben. Bei zu kleinen Kabinen und bei geringer Auslastung könnte die eher intime Fahrgastanzahl auch negativ durch die Nutzer bewertet werden. Positiv wirkt sich, bei gleichmäßiger Nachfrage, hingegen sicherlich der Entfall der Wartezeiten auf eine Kabine aus, da in etwa alle 10 Sekunden eine neue Kabine bereit stehen kann.

Da für die Errichtung von Einseilbahnen mehr Infrastruktur, also Stationen und Stützen, benötigt werden, gibt es jedoch auch vermehrt Eingriffe in privates Eigentum und dies kann zu Konflikten mit der Bevölkerung führen. Die Akzeptanz durch die Anrainer bedeutet sicherlich ein Beteiligungsverfahren während der Planungs- und Bauphase. .

In Rio de Janeiro wird es wohl Einwände gegen den Bau gegeben haben, jedoch werden die Interessen für die Allgemeinheit überwogen haben, da es vor dem Bau keine effiziente terrestrische Infrastruktur gab. Im Speziellen gab es, außer Motorradtaxis und Kleinbussen, keine öffentlichen Verkehrsmittel in den Stadtteilen, so dass die Errichtung der Seilbahn eine deutliche Verbesserung der Ist-Situation darstellte. Eine Verkürzung der Fahrzeit von 1 bis 2 Stunden auf 17 Minuten mit der

Seilbahn, scheint die Akzeptanz zu fördern.<sup>136</sup> Weiters wurde mit der Seilbahn nicht nur die unterentwickelten Slums von Rio öffentlich erschlossen, sondern auch mit der Integration von öffentlichen Einrichtungen in den Stationen Verbesserungen für die Bevölkerung getroffen.

Grundsätzlich wird Seitens der Hersteller versucht umfangreiche Beteiligung der Bevölkerung zu erzielen und die Seilbahn möglichst auf öffentlichen Grundstücken zu errichten.<sup>137</sup> In Österreich wäre der Bau und somit die Akzeptanz, auf Grund der Inanspruchnahme von privaten Grundstücke durch vielen Stützen sicher schwieriger.

Die Akzeptanz der Seilbahn in Rio de Janeiro durch die Bevölkerung wird durch die allgemeine Verbesserung der öffentlichen Infrastruktur, aber durch Eingriffe in private Eigentümer als niedrig bis mittel eingeschätzt.

### **8.6.2 Barrierefreiheit**

Die Barrierefreiheit bei der Benutzung von Umlaufseilbahnen ist etwas schlechter als bei Pendelbahnen, da die Kabinen in den Stationen nicht stehen bleiben, sondern nur ausgekoppelt werden und sich im Schrittempo zum Ein- und Aussteigen weiterbewegen.

In der Station bewegen sich die Kabinen mit einer Geschwindigkeit von rund 0,15m/s fort, wobei meist der Zu- und Ausstieg auf geraden Strecken erfolgt. Im Vergleich zur Anwendung im alpinen Bereich ist dies deutlich geringer, da hier andere Nutzergruppen befördert werden müssen.<sup>138</sup>

Im Prinzip könnte die Seilbahn jederzeit angehalten werden um das Ein- bzw. Aussteigen von körperlich eingeschränkten Personen zu erleichtern, jedoch kann dies auf Dauer eine starke Beeinträchtigung des Verkehrs darstellen. Der Ausstieg erfolgt dabei auf Bahnsteigniveau. Bei sehr kleinen Kabinen kann der Transport von Kinderwägen oder Rollstühlen sehr beengt sein, jedoch ist dies laut Hersteller möglich.

Die Benutzerfreundlichkeit von Einseilumlaufbahnen durch mobilitätseingeschränkte Personen wird, wegen des Durchfahrens der Stationen im Schrittempo und den eher kleinen Kabinen somit mit mittel eingestuft.

---

<sup>136</sup> Vgl. Leitner-Poma 2012, S 4.

<sup>137</sup> Vgl. Auer 2012

<sup>138</sup> Vgl. Auer 2012

## 9 Analyse von Standseilbahnen im Pendelbetrieb am Beispiel CLS Venedig

Standseilbahnen und insbesondere APMs unterscheiden sich sehr von Seilschwebebahnen. Die größten Unterschiede stellen dabei die Schieneninfrastruktur und die dadurch erreichbare hohe Geschwindigkeit einer Standseilbahn dar. Als bekannteste Synonyme für moderne Standseilbahnen werden auch Automated-People-Mover (APM) und Cable-Liner verwendet. Zur näheren Betrachtung wird der CLS Tronchetto – Piazzale Roma in Venedig, ein Cable-Liner der Firma Doppelmayr, betrachtet. Der einspurige APM (Abbildung 22) verbindet eine Park & Ride Anlage auf einer künstlichen Insel mit der Lagunenstadt. Am Fährhafen wurde eine Zwischenstation errichtet die gleichzeitig die Ausweichstelle (Shuttle Bypass) der beiden Züge darstellt.

**Abbildung 22: CLS Tronchetto – Piazzale Roma, Venedig**



Quelle: <http://www.doppelmayr.com/doppelmayr-international/anwendungen/urban/referenzen.html?country=all> (Stand: 08.05.2012)

Daten <sup>139</sup> des CLS Venedig	
Baujahr	2010
Länge	857 m
Fahrzeuge	2 Züge mit je 200 Personen
Geschwindigkeit	29 km/h
Fahrzeit	3 min
Hersteller	Doppelmayr

<sup>139</sup> Vgl. Doppelmayr 2012b

Da wenig Material über Standseilbahnen vorhanden ist, musste für die Analyse teilweise Annahmen getroffen werden.

## **9.1 Verkehrliche Aspekte**

### **9.1.1 Geschwindigkeit**

Grundsätzlich können die Fahrzeuge der Standseilbahnen bis zu 400 Personen mit einer Geschwindigkeit von bis zu 50,4 km/h transportieren.<sup>140</sup> Zum Ein- und Aussteigen der Fahrgäste ist im Stationsbereich eine Haltezeit von 40 bis 90 Sekunden, je nach Kabinengröße, zum Ein- und Aussteigen einzuplanen.<sup>141</sup>

Die Fahrzeit wird grundsätzlich von der Anzahl der Haltestellen, sowie die Haltezeit in den Stationen bestimmt, wobei mehr Haltestellen, eine längere Beförderungszeit bedeuten. Die Fahrzeit in Venedig wird vom Hersteller von Endstation zu Endstation mit rund 180 Sekunden, ohne explizite Angabe über die Haltestellenzeit in der Zwischenstation, angegeben. Bei einer maximalen Geschwindigkeit von 29 km/h und einer Länge von 857 m bedeutet dies eine reine Fahrzeit von 107 Sekunden. Der Rest der angegebenen Fahrzeit verteilt sich auf die Haltezeiten in der Zwischenstation und in den Endstationen. Die Haltezeit beträgt jeweils rund 70 Sekunden und die Entfernung zwischen den Haltestellen beträgt durchschnittlich 450 Meter.

Der People Mover kann mit einer Höchstgeschwindigkeit von 29 km/h verkehren. Da die Fahrzeit zwischen den beiden Endstationen jedoch 180 Sekunden beträgt, liegt die Fahrgeschwindigkeit bei rund 18 km/h.

### **9.1.2 Leistungsfähigkeit**

Die Leistungsfähigkeit von Standseilbahnen, ist wie bei Seilschwebbahnen im Pendelbetrieb, sehr komplex. Einerseits hängt sie vom Fassungsvermögen der Fahrzeuge und deren Fahrgeschwindigkeit ab, andererseits wird sie von der Linienlänge, der Anzahl der Haltestationen und der Haltezeiten in den Stationen beeinflusst.

Bei maximalen Wagengrößen (400 Personen), maximaler Geschwindigkeit (50km/h) und kurzen Fahrbahnlängen (1km) können so theoretisch 8.000 Personen pro Stunde und Richtung transportiert werden.<sup>142</sup> Bei zwei Stationen und Haltezeiten von jeweils 60 Sekunden kann somit eine Taktung von 192 Sekunden erreicht werden. Laut dem Hersteller kann der Cable-Liner in Venedig mit zwei Fahrzeugen mit ei-

---

<sup>140</sup> Leitner 2012b, S 13.

<sup>141</sup> Vgl. Czitary 1962, S 122.

<sup>142</sup> Leitner 2012b, S 13.

nem Fassungsvermögen von jeweils 200 Personen, rund 3000 Personen pro Stunde und Richtung befördern.<sup>143</sup>

### 9.1.3 Verkehrssicherheit

Die Fahrzeuge der Standseilbahnen, darum auch der Name APM, werden überwiegend ohne Personal betrieben. Menschliches Fehlverhalten beim Betrieb der Cable Liner Shuttle ist somit größtenteils ausgeschlossen.

Für Standseilbahnen wird zum Betrieb insbesondere eine eigene Infrastruktur gebraucht, die auf Grund ihrer exklusiven Nutzung, in Bezug auf die Verkehrssicherheit sehr sicher sind. Aufgeständerte oder unirdisch verlaufende Schieneninfrastruktur wird daher nicht durch andere Verkehrsteilnehmer benutzt oder gequert. Dies verhindert zur Gänze Kollisionen und Konflikte. Beim CLS im Pendelbetrieb werden die Fahrzeuge fix auf einem Seil, das in einer Schleife verläuft, befördert und daher werden Auffahrunfälle der Fahrzeuge verhindert.<sup>144</sup>

Bei technischen Gebrechen sind Evakuierungen der Passagiere leichter zu bewerkstelligen, als bei Seilschwebbahnen in großen Höhen, da keine Bergeskabinen, Abseilvorrichtungen oder gar Helikopter zur Bergung benötigt werden.

Die Windanfälligkeit von Standseilbahnen ist gering. Einerseits sind die Kabinen, auf Grund ihrer Größe und Fassungsvermögen, sehr schwer und andererseits kann das Zugseil, im Vergleich zu Schwebbahnen, durch Windstöße nicht „auspendeln“.

Die Standseilbahn in Venedig (CLS) führt über eine aufgeständerte Trasse teilweise über die Lagune von Venedig. Die Trasse ist dabei so gebaut, dass in Notfällen diese auch von Passagieren oder Helfern zu Fuß benutzen werden kann (siehe Abbildung 23).

**Abbildung 23: Trasse des CLS Venedig**



Quelle: Ausschnitt von Film, Fabio Carraro, Director Neroavorio Agency  
[http://www.youtube.com/watch?v=Q8ua4WBYIhE&feature=player\\_embedded#!](http://www.youtube.com/watch?v=Q8ua4WBYIhE&feature=player_embedded#!)  
(06.03.2012)

<sup>143</sup> Vgl. Doppelmayr 2012b

<sup>144</sup> Vgl. Monheim et al. 2010, S 36.

Die Standseilbahn ist grundsätzlich sicher, da menschliches Fehlverhalten zum größten Teil ausgeschlossen werden kann und die exklusive Schieneninfrastruktur der Bahn ebenerdig bzw. aufgeständert verläuft.

## 9.2 Wirtschaftliche Aspekte

Die Investitionskosten und Betriebskosten von Standseilbahnen sind nicht leicht zu beziffern, da je nach Lage der Infrastruktur (unterirdisch oder oberirdisch), unterschiedliche Kosten entstehen können.

### 9.2.1 Investitionskosten

Bei den Baukosten einer Standseilbahn ist vor allem das gewählte System der Bahn von Bedeutung. Im Pendelbetrieb mit zwei Fahrzeugen kann entweder eine Trasse mit Ausweichmöglichkeiten für beide Fahrrichtungen (Shuttle Bypass) oder für jede Fahrrichtung eine eigene Trasse jeweils eigenen Seil (Double Shuttle) errichtet werden. Weiters ist die Führung der Trasse ausschlaggebend, denn wenn sie unterirdisch in einem Tunnel verläuft, entstehen mehr Kosten, als bei einem oberirdischen Verlauf auf Stützen.

Eindeutige Angaben über die Errichtungskosten konnten nicht ermittelt werden, da die Kosten sehr stark von der jeweiligen Situation abhängig sind. In Tabelle 16 wurde somit die Kosten für die Errichtung verschiedener Praxisbeispiele dargestellt.

Aus der Analyse können daher keine Aussagen über die Standardkosten der einzelnen Elemente von Standseilbahnen getroffen werden.

**Tabelle 16: Praxisbeispiele von Standseilbahnen und deren Baukosten**

Praxisbeispiel	Ebene	System	Länge [m]	Kosten [in € Mio.]
MGM CityCenter Shuttle Las Vegas*	Stützen	Double Shuttle	650	45
SkyMetro Zürich**	Unterirdisch	Zwei Röhren	1138	137 (davon 75 für Tunnel)
Perugia***	Ober- und unterirdisch	zweigleisig	3000	75-80
<b>CLS Venedig*</b>	<b>Stützen</b>	<b>Shuttle Bypass</b>	<b>857</b>	<b>18</b>

Quelle: \*ISR 2011b.\*\* <http://de.wikipedia.org/wiki/Skymetro>. \*\*\*Wirtschaftsblatt 2003. \*\*\*\*ISR 2011a

Die Investitionskosten vom CLS in Venedig werden weiters verwendet, um den Standard-Kilometerpreis von APMs zu errechnen. Die Baukosten für 1km Standseilbahn wird somit mit rund 21 Mio. Euro angenommen.

### 9.2.2 Betriebskosten

Da es keine Angaben über die Zusammensetzung von Betriebskosten gibt, wurden größtenteils Annahmen getroffen.

Die Personalkosten bei Standseilbahnen, vor allem bei einem APM, fallen sehr gering aus, da für den Betrieb der einzelnen Fahrzeuge, kein eigenes Personal benötigt wird. Das Personal beschränkt sich dabei auf die Besetzung der Zentrale.

In der Zentrale werden zur Überwachung der Fahrzeuge und des Betriebs 2 Personen pro Schicht angenommen. Die Lohnkosten werden wiederum auf österreichischem Lohnkostenniveau mit 2.000 Euro Bruttogehalt errechnet. Somit entstehen schätzungsweise Personalkosten von 144.000 Euro pro Jahr bei zwei Schichten (18 x 2000€ x 4 Personen).

Der Energieverbrauch der CLS Venedig beträgt 450 kWh pro Stunde<sup>145</sup> und bei durchschnittlichen Kosten von 0,066 € pro kWh Strom ergibt dies jährliche Energiekosten von 171.072 Euro.

Für die jährlichen Wartungskosten werden die Kosten für Seilschwebbahnen im Pendelbetrieb hergenommen und adaptiert. Die Abnutzung des Seils und der Rollen der Fahrzeuge wird auf Grund des Gewichts der Fahrzeuge als höher als bei den Seilschwebbahnen eingeschätzt. Die Wartung für die Schieneninfrastruktur wird, im Vergleich mit anderen robusten Schienenverkehrsmitteln, als weniger kostenintensiv betrachtet. Insgesamt wird mit den doppelten Kosten wie bei Seilschwebbahnen im Pendelbetrieb gerechnet (28.000 €/Jahr mal 2).

**Tabelle 17: Jährliche Betriebskosten von Standseilbahnen**

<b>Kostenkomponenten [pro Jahr]</b>	<b>CLS Venedig [€/Jahr] (4 Pers.)</b>
Personal	144.000
Energie (5760h)	171.072
Wartung	56.000*
<b>Betriebskosten</b>	<b>371.072 €</b>

\*Ann. Wartungskosten Pendelbahn mal 2

Bei insgesamt 400 Sitzplätzen und Betriebskosten von rund 0,371 Mio. € im Jahr ergibt dies umgerechnet auf die Anzahl der Sitzplätze der CLS Venedig jährliche Betriebskosten von rund 928 € pro Sitzplatz.

<sup>145</sup> Vgl. Pichler 2011



## 9.3 Umweltaspekte

### 9.3.1 Energiebedarf

Der Energiebedarf der CLS Venedig wurde mit 450kWh pro Stunde<sup>146</sup> angegeben. Bei einem jährlichen Betrieb von 5760 Stunden ergibt dies einen jährlichen Energieverbrauch von 2592 Megawattstunden und einen jährlichen Energieverbrauch von 6,48 MWh pro Sitzplatz.

### 9.3.2 CO2-Emissionen

Der Energiebedarf der Standseilbahn wird durch dezentrale Stromerzeugung gedeckt. Bei einem jährlichen Energieverbrauch von 2,592 MWh entstehen dabei rund 505 Tonnen CO2 bei der Stromerzeugung.

**Tabelle 18: CO2 bei Stromerzeugung**

Schadstoff	CO2-Emissionen pro kWh Stromerzeugung (Österreich 2009)	Jährliche CO2-Emissionen bei Stromerzeugung für eine Standseilbahn
Kohlendioxid CO2	195,16 g*	505,855 Tonnen

Quelle: \*E-Control 2010. Eigene Berechnungen.

Pro Sitzplatz ergibt dies 1264,6 kg CO2 pro Jahr.

### 9.3.3 Bodenverbrauch

Der Bodenverbrauch ist von der Lage der Infrastruktur und der Anzahl der Stationen abhängig. Da Standseilbahnen ein Schienensystem benötigen, ist es von großer Bedeutung auf welcher Ebene sich diese befindet.

Cable-Liner von Doppelmayr werden erhöht auf Stahlstützen errichtet. Die Stützen werden in Abständen von rund 60 Meter aufgestellt.<sup>147</sup> Die benötigte Fläche pro Stütze wird dabei mit rund einem Quadratmeter geschätzt. Da die Schieneninfrastruktur durchschnittlich 5m über Bodenniveau geführt wird<sup>148</sup>, kann die Fläche unter den Stützen gar nicht bzw. nur eingeschränkt genutzt werden, also z.B. nur als Fußweg.

Die benötigte Fläche für die Stationen ergibt sich insbesondere aus der Länge der Fahrzeuge und der Aufstellfläche am Bahnsteig. Bei einer Kapazität von 200 Personen pro Fahrzeug und einen angenommenen Platzbedarf von 0,5m<sup>2</sup> pro Personen ergibt die eine Wagenfläche von mindestens 100m<sup>2</sup>. Die Länge der Züge wird daher mit rund 30 Metern und die Zugbreite mit ca. 3,5m geschätzt. Insgesamt ergibt sich somit für eine Station, bei rund 40m Länge (30m Zug plus zusätzlicher Platz für

<sup>146</sup> Vgl. Pichler 2011.

<sup>147</sup> Vgl. DCC 2012b

<sup>148</sup> Vgl. ISR 2011b

technische Einrichtungen) und 10m Breite für die Aufstellflächen am Bahnsteig (Zugbreite von 3,5 plus mind. 2,5m pro Seite), ein Bodenbedarf von rund 400m<sup>2</sup>.

In Venedig wurden in regelmäßigen Abständen insgesamt 52 Stützen errichtet, wobei auch zwei Brücken (Canale Tronchetto: 180m) zur Überspannung von Kanälen errichtet wurden.<sup>149</sup> Für die Stützen wurde somit rund 52m<sup>2</sup> Bodenfläche verbaut. Der Bodenverbrauch in Venedig für die drei Stationen ergibt rund 1200m<sup>2</sup>.

Insgesamt wurde somit für die Errichtung der Infrastruktur in Venedig eine Fläche von 1252m<sup>2</sup> bebaut. Pro Sitzplatz (400 Sitzplätze) ergibt dies einen Bodenverbrauch von 3,13 m<sup>2</sup>.

## **9.4 Rechtliche Aspekte**

Rechtlich gesehen gibt es viele Parallelen zu Seilschwebbahnen. Der größte Unterschied zu Schwebbahnen liegt jedoch bei der Infrastruktur. Da der Bau der aufgeständerten Infrastruktur sehr viel Fläche in Anspruch nimmt, wird eine Standseilbahn überwiegend auf öffentlichen Grund verlaufen. So sind keine zivilrechtlichen Verträge bezüglich Überfahrtsrechte notwendig. Jedoch können andere Verträge, z.B. bei unterirdisch geführten Bahnen, notwendig sein.

Dennoch kommen grundsätzlich bei Standseilbahnen dieselben rechtlichen Aspekte von Seilschwebbahnen aus Kapitel 7.4 zur Anwendung.

## **9.5 Städtebauliche Aspekte**

### **9.5.1 Einfluss der Infrastruktur auf das Stadtbild**

Der Einfluss von Standseilbahnen auf das Stadtbild kann je nach Lage der Infrastruktur verringert bzw. verstärkt werden. Bei einem unterirdisch geführten Schienennetz gibt es kaum Beeinträchtigungen auf das Stadtbild. Das Produkt „Cable-Liner-Shuttle“ von Doppelmayr wird jedoch in der aufgeständerten Form verkauft und gebaut.

Eine aufgeständerte Infrastruktur, wie in Venedig, stellt immer einen Einschnitt ins Stadtbild dar. Zwar wurde versucht mit einer Stahlkonstruktion, statt einer massiven Stahlbeton Bauweise, diese aufzulockern, dennoch ist sie deutlich zu erkennen. Die hohe Anzahl an Stützen (52 auf 857m Länge!) ist dabei nicht unbedeutend.

Die Errichtung auf Stützen bedeutet somit einen hohen Einfluss der Infrastruktur auf das Stadtbild.

---

<sup>149</sup> Vgl. DCC 2012b

## 9.5.2 Architektonische Qualität

Wie bei anderen Seilbahnsystemen kann auf individuelle Wünsche der Kunden Rücksicht genommen werden. Die Architektur der Stationen wurde auf Grund der Stahl-Glas-Konstruktion sehr modern gehalten und stellt einen Kontrast zur historischen Struktur der Stadt dar.

**Abbildung 24: Infrastruktur Venedig**



Quelle: [http://www.dcc.at/doppelmayer/references/en/tmp\\_1\\_31690247/Tronchetto\\_-\\_Piazzale\\_Roma\\_Shuttle,\\_Venice,\\_Italy\\_detail.aspx](http://www.dcc.at/doppelmayer/references/en/tmp_1_31690247/Tronchetto_-_Piazzale_Roma_Shuttle,_Venice,_Italy_detail.aspx) (Stand: 09.05.2012)

Die architektonische Qualität der Stationen ist dadurch hochwertig, da individuelle Wünsche der Auftraggeber möglich sind. In Venedig wurde hoher Wert auf Transparenz und scheinbare Leichtigkeit der Infrastruktur gelegt und somit wird die architektonische Qualität mit hoch gewertet.

## 9.6 Soziale Aspekte

### 9.6.1 Akzeptanz

Da sich Standseilbahnen kaum von anderen schienengebundenen Verkehrsmitteln, wie Straßenbahn oder U-Bahn, unterscheiden, wird der Widerstand in Bezug auf ein „ungewöhnliches Verkehrsmittel“ kaum gegeben sein. Im Gegensatz zu Seilschwebbahnen sind auch etwaige Sicherheitsbedenken der Passagiere größtenteils vernachlässigbar, da die Bahn im Notfall jederzeit verlassen werden kann.

Der größte Kritikpunkt könnte hier jedoch der Einfluss der Bahn auf das Stadtbild sein, da die Bevölkerung die Infrastruktur als großen Einschnitt des Stadtbildes sieht. Außerdem kann durch die erhöhte Infrastruktur eine Beeinträchtigung der angrenzenden Wohnbauten durch Einblicke in die Privatsphäre entstehen.

Die Akzeptanz durch die Bevölkerung wird als mittel eingeschätzt da die Infrastruktur einen hohen Einschnitt in das Stadtbild darstellt, jedoch sich die Bahn kaum von herkömmlichen ÖPNV-Systemen optisch unterscheidet.

### **9.6.2 Barrierefreiheit**

Durch die aufgeständerte Infrastruktur sind die Stationen zwar in erhöhter Lage, jedoch sollte es keine Einschränkungen bezüglich Barrierefreiheit geben. Bei den Zügen handelt es sich um Niederflurfahrzeuge, in denen leicht Rollstühle und Kinderwagen transportiert werden können.

Die Benutzerfreundlichkeit von Standseilbahnen und des Praxisbeispiels in Venedig wird auf Grund der großen Fahrzeuge und hohe Fassungsvermögen und den langen Haltezeiten in den Stationen als hoch eingestuft.

## 10 Einsatzmöglichkeiten von Seilbahnen als ÖPNV-Systeme: Vergleich und Bewertung von Seilbahnen mit den ÖPNV- Systemen Straßenbahn und Linienbus

Die relevanten herkömmlichen ÖPNV-Systeme die mit den analysierten Seilbahnsystemen verglichen werden sollen, sind die Straßenbahn und der Linienbus. Zuerst werden die Straßenbahn und der Linienbus an Hand der gewählten Aspekte und Indikatoren analysiert. Anschließend erfolgt die Gegenüberstellung aller Daten, also der der relevanten Seilbahnen und der herkömmlichen ÖPNV, in einer Tabelle. Die Einsatzmöglichkeiten von Seilbahnen als ÖPNV-Systeme im urbanen Raum lassen sich aus der Bewertung bzw. dem Vergleich der Systeme ableiten.

### 10.1 Analyse der herkömmlichen ÖPNV-Systeme Straßenbahn und Linienbus

Für die Analyse von herkömmlichen ÖPNV-Systemen werden die Standardfahrzeuge von den Wiener Linien betrachtet. Weiters werden keine einzelnen Linien betrachtet, sondern z.B. die durchschnittliche Länge der jeweiligen Linien in Wien. In Abbildung 25 sind die betrachteten Systeme, die Ultra-Low-Floor-Straßenbahn (ULF) und der Niederflrbus, dargestellt.

**Abbildung 25: Straßenbahn „ULF“ und Standardbus**



Quelle: Wiener Linien 2010

#### 10.1.1 Verkehrliche Aspekte

Die maximale Geschwindigkeit von Bus und Straßenbahn wird im Prinzip durch den gesetzlichen Rahmen von 50 km/h innerhalb von Städten festgelegt, obwohl die Fahrzeuge theoretisch auch schneller fahren könnten (z.B. Straßenbahn 70km/h). Da sich diese Verkehrsmittel aber ihre Fahrbahn größtenteils mit dem Individualverkehr teilen liegt die Fahrgeschwindigkeit unter 50 km/h.

Externe Störquellen bei herkömmlichen ÖV-Systemen sind vor allem Konflikte mit Knotenpunkten (Grüne Welle MIV), Überlastung (Kfz Rückstau, Verkehrsunfälle, Baustellen, Linksabbieger, wendende Fahrzeuge), ruhender Verkehr (Falschparker,

Lieferverkehr), erhöhtes Fahrgastaufkommen und Baustellen (Umleitung, Langsamfahren). Als interne Störquellen werden Fahrzeuge, Haltestellen und Bahnsteige bezeichnet. Gleichmäßige Fahrgastverteilung auf Bahnsteig und Fahrzeug verkürzen die Fahrgastwechselzeit, aber auch leistungsfähige Aus- und Einstiegsmöglichkeiten, wie große und viele Türen und eine Niederflertechnik bewältigen hohe Fahrgastaufkommen leichter.<sup>150</sup>

Vor allem Straßenbahnen können nur bis zu gewissen Steigungen der Fahrbahn eingesetzt werden. „Die Längsneigung (von Straßenbahnen) soll den Wert von 50‰ nicht überschreiten.“<sup>151</sup> Busse können Steigungen leichter bewältigen und sind bei Steigungen nicht eingeschränkt.

Die mittlere Reisegeschwindigkeit bei Fahrzeugen der Wiener Linien liegt aber tatsächlich tagsüber bei 15,3 km/h und bei einem Bus bei 16,7 km/h. Die durchschnittliche Länge einer Buslinie ist 7,3 Kilometer und bei einer Straßenbahnlinie 7,7 Kilometer. Der durchschnittliche Haltelinienabstand wird bei Bussen und Straßenbahn mit rund 390 Meter angegeben. Je nach Fahrzeugtyp können unterschiedlich viele Passagiere befördert werden. Eine Ultra-Low-Floor (ULF) Straßenbahn kann 44 Sitz- und 92 Stehplätze oder 66 Sitz- und 141 Stehplätze haben. Das durchschnittliche Fassungsvermögen eines Standardbusses der Wiener liegt bei 83 Personen pro Fahrzeug.<sup>152</sup>

Das durchschnittliche Fassungsvermögen eines 12 Meter-Standardbusses liegt bei 100 Plätzen. Die minimale Haltezeit für Fahrgastwechsel an Haltestellen liegt bei öffentlichen Verkehrsmitteln bei 40 Sekunden, wobei es eine starke Nachfrage und minimalen Reserven gibt.<sup>153</sup> Somit wird mit einer durchschnittlichen Haltezeit von 40-60 Sekunden gerechnet.

Die Leistungsfähigkeit verschiedenster öffentlicher Verkehrsmittel ist vom Fassungsvermögen der Fahrzeuge und der Kursfolgezeit abhängig. Die Bandbreite der Leistungsfähigkeit ist in Abbildung 26 dargestellt:

---

<sup>150</sup> Vgl. Cerwenka et al. 2004, S 178f.

<sup>151</sup> Vgl. Wiener Linien 2009, S 9.

<sup>152</sup> Vgl. Wiener Linien 2010, S 9f.

<sup>153</sup> Vgl. Cerwenka et al. 2004, S 150

## Abbildung 26: Leistungsfähigkeit verschiedener Verkehrsmittel

	Fassungsvermögen [Plätze/Fz]	Kursfolgezeit [sec]		Leistungsfähigkeit [Pers/h (und Richtung)]	
		minimal	üblich	maximal	üblich
U-Bahn	800-1200	90	300	32.000-48.000	9.600-14.400
Straßenbahn, Stadtbahn	150-250	60	450	9.000-15.000	1.200-2.000
Bus	80-150	60	600	4.800-9.000	480-900

Quelle: Cerwenka et al. 2004, S 152.

Bei Straßenbahnen wird somit in weiterer Folge (vergleichsweise Daten von Wien) mit einem Fassungsvermögen von 150 Personen pro Fahrzeug gerechnet und für den Linienbus wird mit einem Fassungsvermögen von 100 Personen pro Bus gerechnet.

Die Taktung von Bussen in Wien wird, in Anlehnung an Abbildung 26, mit 480 Sekunden (8 min) und bei Straßenbahnen mit 360 Sekunden (6 min) angenommen. Daraus ergibt sich eine Leistungsfähigkeit bei Bussen von 750 und bei Straßenbahnen von 1.500 Personen pro Stunde und Richtung.

Die Verkehrssicherheit von öffentlichen Verkehrsmitteln kann mit Hilfe der Daten der Statistik Austria analysiert werden. Aus volkswirtschaftlicher Sicht ist der öffentliche Verkehr sicherer als der motorisierte Individualverkehr. Im Vergleich mit anderen Verkehrsmitteln ereigneten sich in Wien 2010 nur 3,9% aller Unfälle mit Personenschaden (UPS) mit Beteiligung eines öffentlichen Verkehrsmittels (MIV=77,5%; NMIV=18,3%). 2010 gab es bei Beteiligung eines öffentlichen Verkehrsmittels keine getöteten Personen.

**Tabelle 19: Straßenverkehrsunfälle mit Personenschaden in Wien 2010**

Wien 2010	Unfälle		Verletzte		Getötete	
	abs.	in %	abs.	in %	abs.	in %
MIV	7315	77,5%	3849	67,4%	6	20,7%
<b>ÖV</b>	364	3,9%	256	4,5%	0	0,0%
NMIV	1728	18,3%	1583	27,7%	22	75,9%
Sonstige	31	0,3%	24	0,4%	1	3,4%
<b>Insgesamt</b>	<b>9438</b>	<b>100,0%</b>	<b>5712</b>	<b>100,0%</b>	<b>29</b>	<b>100,0%</b>

Quelle: Statistik Austria, 2010. Eigene Darstellung.

Diese 364 Unfälle mit ÖV-Beteiligung können weiters in Unfälle mit Beteiligung einer Straßenbahn, Linienbus, Omnibus und Eisenbahn aufgeteilt werden:

**Tabelle 20: UPS im öffentlichen Verkehr nach Beteiligung**

Wien 2010	Unfälle		Verletzte	
	abs.	in %	abs.	in %
<b>Straßenbahn</b>	225,0	61,8%	111,0	43,4%
<b>Linienbus</b>	119,0	32,7%	138,0	53,9%
Omnibus	13,0	3,6%	7,0	2,7%
Eisenbahn	7,0	1,9%	0,0	0,0%
<b>Insgesamt ÖV</b>	<b>364,0</b>	<b>100,0%</b>	<b>256,0</b>	<b>100,0%</b>

Quelle: Statistik Austria, 2010. Eigene Berechnungen.

Der Großteil der insgesamt 364 Unfälle mit ÖV-Beteiligung in Wien geschieht mit Straßenbahnen (61,8%), gefolgt von 32,7% aller Unfälle mit Beteiligung eines Linienbussen. Die meisten Verletzten (53,9%) bei ÖV-Beteiligung gibt es bei Unfällen mit Linienbussen und 43,4% aller Personen wurden bei Unfällen mit Beteiligung einer Straßenbahn verletzt.

In Wien geschahen zwar die meisten Unfälle mit Personenschaden im öffentlichen Verkehr mit Beteiligung einer Straßenbahn, aus Sicht der Verkehrssicherheit stellt der ÖV aber dennoch das sicherste Verkehrsmittel im Straßenverkehr dar, da sich 2010 mehr UPS mit MIV-Beteiligung (77,5%) und NMIV (18,3%) ereigneten. Somit werden die Straßenbahn und der Linienbus als sicher bewertet.

Das größte Problem bei Straßenbahnen ist vor allem Unsicherheiten nicht ortskundiger Verkehrsteilnehmer, aber auch Routineverhalten von Einheimischen. Unfälle mit Linksabbiegern ist dabei der häufigste Unfalltyp.<sup>154</sup> Insbesondere kommen Sicherheitsprobleme durch die gemeinsame Nutzung der Infrastruktur mit anderen Verkehrsteilnehmern zustande. Oftmals gibt es zwar schon baulich getrennt geführte Infrastruktur (in der Mitte der Straße, an den Seiten, Trennung mit Inseln und Begrünung), aber trotzdem kommt bei den geringen Platzmöglichkeiten in Städten bei Kreuzungen zu Begegnungen und Konflikten mit anderen Nutzern.

### **10.1.2 Wirtschaftliche Aspekte**

Bei den Investitionskosten für herkömmliche ÖV-Systeme gibt es andere Kostenkomponenten als bei Seilbahnen. Es gibt keine Antriebs- oder Umkehrstationen und anstelle von Stützen und Seile werden bei Straßenbahnen Schienen und Oberleitungen benötigt. Außerdem werden zusätzlich Werkstätten und Betriebshöfe benötigt.

Die Kosten einer ÖV-Linie ergeben sich somit aus Planungs- und Bauvorbereitungskosten, Grunderwerb, Investitionskosten für den Tiefbau, Kosten für den ÖV-Weg, Neuordnungs- und Gestaltungskosten, Kosten für Telematiksysteme, Kosten für Fahrzeuge und Kosten für Betriebshofanlagen.<sup>155</sup> Hier werden nur die Standard-

<sup>154</sup> Vgl. Köhler 2006, S 139.

<sup>155</sup> Vgl. FGSV 2008, S 23ff.



kosten ermittelt, insbesondere ohne Grunderwerb und Sonderkosten für Infrastruktur (z.B. Brücke, Tunnel).

**Tabelle 21: Systemkosten für Bus und Straßenbahn.**

Elemente	Investitionskosten Bus	Investitionskosten Straßenbahn
Planung- und Bauvorbereitungskosten	5% der Baukosten	10% der Baukosten
Grunderwerb	Ann. auf öffentl. Flächen	
Infrastruktur [Mio. €/km] (Tiefbau, Schiene, Stromleitungen)	0	3,7
Haltestelle [Mio. €/HS]	0,2	0,2
Neugestaltungskosten [Mio. €/km]	3,5	4
Telematiksysteme [Mio. €/km]	1	1
Fahrzeug [Mio. €/Fzg]	0,33	2,5
Betriebshofanlage	Ann. Mitnutzung bestehender Anlagen	

Quelle: FGSV 2008, S 23-29.

Es wird davon ausgegangen, dass der Bau einer Bus- bzw. Straßenbahnlinie überwiegend auf öffentlichen Grund geschieht und hier keine weiteren Kosten für den Erwerb von Grundstücken anfallen.

Die Errichtung von Busspuren oder Teillösungen, wie zeitlich begrenzte Busspuren, erhöhen die Effizienz von Bussen<sup>156</sup> aber steigern die Kosten für die Errichtung von Buslinien. Für die Berechnung der Systemkosten wird jedoch davon ausgegangen, dass die bestehende Straßeninfrastruktur genutzt wird, ohne zusätzliche Kosten (Asphaltstraße ab: 0,45 Mio. €/km)<sup>157</sup> für komplette Neuimplementierung.

Wartungs- bzw. Betriebsbahnhöfe sind nicht nur einer Linie zugeordnet. In Wien gibt es für insgesamt 28 Straßenbahnlinien 4 Betriebsbahnhöfe und für 85 Buslinien 3 Betriebsgaragen.<sup>158</sup> In der Analyse wird davon ausgegangen, dass bestehende Anlagen mitbenutzt werden.

Die FGSV weist globale Systemkosten, ohne Betriebshöfe, für Busse von rund 8,5 Mio. €/Strecken-km und für Straßenbahnen ca. 16 Mio. €/Strecken-km aus.<sup>159</sup> Unter den oben gewählten Annahmen, also ohne Planungs- und Bauvorbereitungskosten, Grunderwerbskosten und Kosten für Betriebshöfe, entstehen umgerechnet auf einen Kilometer Investitionskosten von:

- 7,15 Mio. Euro pro Kilometer Buslinie
- 13,8 Mio. Euro pro Kilometer Straßenbahnlinie.

<sup>156</sup> Vgl. Pütz 2012, S 25.

<sup>157</sup> Vgl. FGSV 2008, S 24.

<sup>158</sup> Vgl. Wiener Linien 2010, S 9f.

<sup>159</sup> Vgl. FGSV 2008, S 29.

Die Betriebskosten bei herkömmlichen ÖV-Systemen entstehen durch Fahrzeugbetriebskosten und Infrastrukturbetriebskosten. Die Fahrzeugbetriebskosten setzen sich weiters aus fixen und variablen Kosten zusammen, wobei hier nur die variablen Kosten betrachtet werden. Die fixen Kosten wie Kapitaldienst, Kfz-Steuer, Versicherung und Verwaltungskosten können auf Grund der Vergleichbarkeit mit den Seilbahnsystemen nicht weiter betrachtet werden.

Grundsätzlich werden Betriebskosten in Euro pro Fahrzeug-Kilometer angegeben. Zum späteren Vergleich mit Seilbahnen werden die Werte auf die Jahresfahrleistung pro Fahrzeug umgerechnet.

In der folgenden Tabelle sind die Energiekosten der beiden ÖV-Systeme pro Fahrzeugkilometer dargestellt:

**Tabelle 22: Energiekosten Bus und Straßenbahn**

	Bus	Straßenbahn
Antrieb	Flüssiggas	Elektrisch
Verbrauch (Wiener Linien)	1,23 l/km* (=8,49 kWh/km****)	3,5 kWh/km***
Kosten	0,79 Cent/l**	0,066 Cent/kWh
<b>Energiekosten</b>	<b>0,972 €/Fzg-km</b>	<b>0,231 €/Fzg-km</b>

Quelle: \*Wiener Linien 2010. \*\*<http://www.flaga.at/index.php?id=1604> (19.3.2011). \*\*\*FSGV 2008, S 31. \*\*\*\*<http://de.wikipedia.org/wiki/Autogas> (19.03.2012)

Bei jährlichen Betriebsstunden von 5760 Stunden beträgt bei einer durchschnittlichen Fahrgeschwindigkeit beim Bus von 15,3 km/h und 16,7 km/h bei der Straßenbahn die Jahresfahrleistung 88.128 km beim Bus und 96.192 km bei der Straßenbahn.

**Tabelle 23: Jahresfahrleistung eines Linienbusses bzw. einer Straßenbahn**

	Bus	Straßenbahn
Geschwindigkeit [km/h]	15,3	16,7
jährliche Betriebsstunden	5.760	5760
<b>Gesamtfahrleistung im Jahr [km/Fzg]</b>	<b>88.128</b>	<b>96.192</b>

Quelle: Eigene Berechnungen

Die Personal- und Wartungskosten werden von der FGSV wie folgt angegeben (siehe Tabelle 25), wobei bei den Wartungskosten auch die Kosten für die Infrastruktur einfließen.<sup>160</sup>

Da beim Busbetrieb eine weitest gehende Benützung vorhandener Infrastruktur gewählt wurde, entstehen keine zusätzlichen Infrastrukturkosten für den Betreiber.

<sup>160</sup> Vgl. FGSV 2008, S 37.

**Tabelle 24: Betriebskosten Bus und Straßenbahn**

	Bus		Straßenbahn	
	€/Fzg-km	€/Jahr	€/Fzg-km	€/Jahr
Personalkosten	1,63*	143.649	1,63*	156.793
Energiekosten	0,97	85.484	0,23	22.124
Wartungskosten	0,5*	44.064	5,02*	482.884
<b>Betriebskosten</b>	<b>3,1</b>	<b>273.197</b>	<b>6,88</b>	<b>661.801</b>

Quelle: \*FGSV 2008, S 37. \*\*Tabelle 25.

Zum Unterschied zu Seilbahnen wird jedes Fahrzeug bei Bus und Straßenbahn einzeln betrieben und somit entsteht je nach Länge der Linie und Einsatz an Fahrzeugen das Vielfache an Betriebskosten.

Bei insgesamt 100 Sitzplätzen und Betriebskosten von 0,273 Mio. € im Jahr, ergibt dies umgerechnet jährliche Betriebskosten von rund 2732 € pro Sitzplatz für einen Bus. Bei einer Straßenbahn entstehen jährliche Betriebskosten von rund 4412 € pro Sitzplatz (150 Sitzplätze).

### 10.1.3 Umweltaspekte

Während sich bei Straßenbahnen der elektrische Antrieb durchgesetzt hat<sup>161</sup>, können Busse, je nach System unterschiedlich betrieben werden. Linienbusse besitzen entweder einen Dieselmotor oder einen Ottomotor, die mit Erdgas oder Wasserstoff betrieben werden.<sup>162</sup> Die Wiener Linien betreiben ihre Busse nur noch mit Flüssiggas. Flüssiggas ist ein Gemisch aus Propan und Butan und ist ein Nebenprodukt der Erdölförderung. Grundsätzlich gilt im Vergleich zu einem Dieselmotor, dass Gasmotoren geringere Geräusch- und Schadstoffemissionen aufweisen.<sup>163</sup>

Aus der Jahresfahrleistung eines Busses bzw. einer Straßenbahn in Kombination mit dem Energiebedarf pro Kilometer kann der jährliche Energieverbrauch pro Fahrzeug abgeleitet werden. Ein Bus benötigt im Jahr rund 748 MWh (=108.400 Liter Flüssiggas) und eine Straßenbahn rund 337 MWh pro Jahr (siehe Tabelle 25).

**Tabelle 25: Energiebedarf in MWh pro Jahr und Verkehrsmittel**

	1 Bus	1 Straßenbahn
Treibstoff	Flüssiggas	Strom
Energiebedarf [pro km]	1,23 l/km* (=8,49 kWh/km**)	3,5 kWh/km***
Jahresfahrleistung [km/Fzg]	88128	96192
<b>Energiebedarf [MWh/Jahr]</b>	<b>rund 748,21</b>	<b>rund 336,67</b>

\*Wiener Linien 2010. \*\*\*FSGV 2008, S 31. \*\*\*\*<http://de.wikipedia.org/wiki/Autogas> (19.03.2012)

<sup>161</sup> Vgl. Köhler 2006, S 34.

<sup>162</sup> Vgl. Köhler 2006, S 135.

<sup>163</sup> Vgl. VDV (Hrsg.) 1999, S168.

Umgerechnet auf die Anzahl der Sitzplätze ergibt dies einen jährlichen Energieverbrauch von 7,48 MWh pro Sitzplatz beim Bus und 2,25 MWh pro Sitzplatz bei einer Straßenbahn.

**Tabelle 26: CO<sub>2</sub>-Emissionen bei der Energieerzeugung je Verkehrsmittel**

Schadstoff	1 Linienbus (Verbrennungsmotor: 2.343 g CO <sub>2</sub> /kWh)*	1 Straßenbahn (Stromerzeugung: 195,16g** CO <sub>2</sub> /kWh)
Kohlendioxid CO <sub>2</sub>	1.753 Tonnen CO <sub>2</sub> /Jahr	65,705 Tonnen CO <sub>2</sub> /Jahr

Quelle:\*Umweltbundesamt 2012 \*\*E-Control 2010. Eigene Berechnungen.

In Tabelle 26 ist die CO<sub>2</sub> Produktion je Linienbus und je Straßenbahn dargestellt. Pro Bus-Sitzplatz ergibt dies 17,53 Tonnen CO<sub>2</sub> pro Jahr. Pro Straßenbahn-Sitzplatz ergibt dies 438 kg CO<sub>2</sub> pro Jahr.

Der Bodenverbrauch bei Straßenbahnen entsteht vor allem durch die Schieneninfrastruktur. Bei Bussen gibt es, falls keine Busspuren vorhanden sind, keinen eigenen Bodenverbrauch. Die Haltestellen sind im Straßenraum integriert und nehmen grundsätzlich Platz in Anspruch. Die Aufstellflächen bei Haltestellen sollten mind. 2,5m Breit sein und je nach Länge des Verkehrsmittels (Bus: 15m, Straßenbahn: 37,5m<sup>164</sup>) lang sein.

Die Mindestbreite von selbstständigen Gleiskörpern (mit Busbenutzung) wird mit 6,6m angegeben.<sup>165</sup>

**Tabelle 27: Der spezifische Bodenverbrauch nach Verkehrsmittel**

	Bus	Straßenbahn
Haltestelle [m <sup>2</sup> ]	37,5 m <sup>2</sup>	93,75m <sup>2</sup>
Fahrbahn [m <sup>2</sup> /1km-Gleis]		6600 m <sup>2</sup>
<b>Bodenverbrauch (2 HS, 2 spurig)</b>	<b>75 m<sup>2</sup></b>	<b>ca. 6694 m<sup>2</sup></b>

Quelle: Eigene Annahmen.

In Tabelle 27 ist der Bodenverbrauch für einen Bus und eine Straßenbahn dargestellt. Pro Sitzplatz ergibt dies einen Bodenverbrauch von 0,75m<sup>2</sup> beim Bus und von rund 45 m<sup>2</sup> bei einer Straßenbahn.

#### 10.1.4 Rechtliche Aspekte

Für den öffentlichen Verkehr ist vor allem das Kraftfahrlineigesetz 1999 anzuwenden. Zum Einsatz im ÖPNV benötigen Busunternehmen, laut Kraftfahrlineigesetz, eine eigene Konzession. „Kraftfahrlinienverkehr ist die regelmäßige Beförderung von Personen mit Kraftfahrzeugen durch Personenkraftverkehrsunternehmer in einer bestimmten Verkehrsverbindung, wobei Fahrgäste an vorher festgelegten Hal-

<sup>164</sup> Wiener Linien 2008, S 18.

<sup>165</sup> Wiener Linien 2008, S 9.

testellen aufgenommen und abgesetzt werden. Der Kraftfahrlinienverkehr ist ungeachtet einer etwaigen Verpflichtung zur Buchung für jedermann zugänglich.“<sup>166</sup>

Straßenbahnen zählen laut § 5 Eisenbahngesetz 1957 zu den Schienenbahnen und benötigen somit eine Konzession für Bau und Betrieb nach dem Eisenbahngesetz (§14 Abs. 1 EisbG 1957).

### **10.1.5 Städtebauliche Aspekte**

Die Fahrleitungen und die Masten einer elektrischen Straßenbahnlinie beeinträchtigen das Stadtbild und führten anfangs oftmals zu Akzeptanzschwierigkeiten von Bürgern und Politikern.<sup>167</sup> Städtebaulich gesehen, hat eine Errichtung einer Buslinie den wenigsten Einfluss auf das Stadtbild, da meist keine eigene Fahrweginfrastruktur benötigt wird. Haltestellhäuschen sind ebenso gering dimensioniert und Stellen kaum Beeinträchtigungen im Stadtbild dar. Buslinien können beinahe überall nachträglich errichtet werden, ohne große Veränderungen im Stadtbild zu treffen. Bei Straßenbahnen müssen gewisse Mindestradien und Abstände eingehalten werden, die den Einsatz in bestehende Strukturen erschweren können.

Straßenbahnen werden insbesondere auf Grund der Oberleitungen mit einem mittleren Einfluss auf das Stadtbild und Busse mit einem niedrigen Einfluss auf das Stadtbild bewertet.

Die architektonische Qualität von Linienbus und Straßenbahn ist durch die Massware der Fahrzeuge oftmals nicht gegeben und die Haltestellen sind zu klein um einen Beitrag zur Architektur liefern zu können. Nostalgie-Fahrzeuge, wie zum Beispiel die „Ringtram“ in Wien, weisen jedoch eine gewisse architektonische Qualität aufweisen und können eine eigene Attraktion in einer Stadt darstellen. Die Fahrzeuge der Busse bieten eher wenig architektonischer Qualität. Die Qualität hinsichtlich der Architektur wird bei Straßenbahnen mit mittel und bei Linienbussen mit niedrig eingestuft.

### **10.1.6 Soziale Aspekte**

Die Akzeptanz von Straßenbahnen war früher wegen ihrer Infrastruktur, die das Stadtbild beeinträchtigt, und wegen Platzproblemen auf den Straßen gedämpft. Der Wegfall von Parkplätzen ist oftmals ein Kritikpunkt. Bei Bussen und Straßenbahnen sind ebenso die Lärmimmissionen von Bedeutung. Neugestaltungen bei der Errichtung von neuen Straßenbahnlinien können oftmals zu Akzeptanzschwierigkeiten führen, da durch gewisse Mindestradien usw. oftmals massive Umbauarbeiten im Stadtbild realisiert werden müssen.

---

<sup>166</sup> KfzG 1999 § 1 Abs. 1

<sup>167</sup> Vgl. Köhler 2006, S 159.

Im Grunde sind öffentliche Verkehrsmittel sicher beliebter als der MIV, da er als schadstoffarm gesehen wird. Die Akzeptanz der Anrainer ist auf Grund der geringeren Lärmentwicklungen bei Straßenbahnen sicher höher als bei Linienbussen. Wo bei punktuell auch bei Straßenbahnen erhöhte Lärmbelästigungen entstehen können, wie zum Beispiel bei Kurvenfahrten.

Die Akzeptanz der Bevölkerung bei Straßenbahnen und Bussen wird jeweils mit einer mittleren Akzeptanz beurteilt, da Straßenbahnen oftmals den ruhenden Verkehr der MIV-Nutzer beschneiden (Wegfall von Stellplätzen) und Busse von Anrainern als Lärmquellen (Lärmentwicklungen durch das Beschleunigen) eingestuft werden.

Die Benutzerfreundlichkeit durch mobilitätseingeschränkte Personen ist bei dem überwiegend Teil der Fahrzeuge im Einsatz bereits gegeben. Die Zugänge zu Haltestellen ist durch die Dichte der Infrastruktur bei Bussen und Straßenbahn für mobilitätseingeschränkte Personen leicht zu bewältigen. Dennoch sind nicht nur Niederflurfahrzeuge im Einsatz. Bei Niederflurbussen kann die Nutzung z.B. durch Rollstühle oder Kinderwagen eingeschränkt sein, wenn diese in Stoßzeiten oder bei Verspätungen überfüllt sind. Hier sind die Aufstellflächen sehr begrenzt. Zusätzlich ist zum Ein- und Aussteigen mit einem Rollstuhl manchmal die Hilfe des Busführers oder eines Fahrgastes notwendig. Wenn die Hilfe des Busführers benötigt wird, bedeutet dies eine zusätzliche Haltezeit in der Ein- und Ausstiegsstation.

Die Benutzerfreundlichkeit wird bei der Errichtung von neuen Linien mit neuen Fahrzeugen bei Straßenbahnen mit hoch und bei Bussen mit mittel eingestuft.

## **10.2 Vergleich der unterschiedlichen Systeme**

Wenn nur die Anforderungen und Merkmale von Seilbahnen, also vor allem die Grenzen der maximalen Linienlängen und begrenzte effiziente Haltestellenanzahl, betrachtet werden würde, entspräche nur eine Seilschwebbahn im Umlaufbetrieb annähernd den Anforderungen von herkömmlichen ÖPNV-Linien und schiene daher für den Einsatz im urbanen Raum denkbar. Jedoch unter Betrachtung der Aspekte und Indikatoren gibt es Einsatzgebiete bzw. Situationen in denen die einzelnen Seilbahnsysteme effizienter sein können als Straßenbahnen oder Busse.

In Tabelle 28 sind die einzelnen Ergebnisse aus den Analysen der verschiedenen Systeme einander gegenüber gestellt. Die farbliche Darstellung zeigt den jeweils schlechtesten bzw. besten Wert im Vergleich zu allen anderen betrachteten Systemen.

Bei der Betrachtung der verschiedensten Aspekte gibt es somit unterschiedliche Stärken und Schwächen der einzelnen Systeme, auf die im Anschluss an die Tabelle näher eingegangen werden.

*Zur einfacheren Verständnis wird nachfolgend die Seilschwebbahn im Umlaufbetrieb als Umlaufbahn und die Seilschwebbahn im Pendelbetrieb als Pendelbahn bezeichnet. Die Standseilbahn (Automated People Mover) wird als Standseilbahn bezeichnet.*

Tabelle 28: Vergleich der unterschiedlichen Systeme anhand der Aspekte und Indikatoren

Aspekte	Faktoren	Seilschwebe-Pendel	Seilschwebe-Umlauf	Standseilbahn	herkömmliche ÖPNV	
					Linienbus	Straßenbahn
		Portland Aerial Tram	Aerial Tramway Rio de Janeiro	CLS Venedig	Praxis	Praxis
Verkehrliche ASPEKTE	Linienlänge [km]	1	3,5	0,9	Ø7,7	Ø7,3
	Maximale Geschwindigkeit [km/h]	35	18	29	50	50
	Haltestellenabstand [m]	1000	690	450	390	390
	Haltezeiten [s]	45	keine	70	40 -60	40 -60
	Taktung [s]	270	stetig	180	480	360
	Fassungsvermögen [Pers/Fzg]	78	10	200	100	150
	Fahrgeschwindigkeit [km/h]	13,4	12	18	15,3	16,7
	Leistungsfähigkeit [Pers/h & R]	1040	2800	3000	750	1500
	Verkehrssicherheit [qualitativ]	sicher	sicher	sicher	sicher	sicher
Wirtschaftliche Aspekte	Investitionskosten [€ Mio./km]	43 (entspr.1km)	5,7 (Gesamtkosten: 20 Mio. €)	21 (Gesamtkosten: 18 Mio. €)	7,15	13,8
	jährliche Betriebskosten [€/Sitzplatz]	8333	843	928	2732	4412
Umweltaspekte	jährlicher Energieverbrauch [MWh/Sitzplatz]	3,3	0,8	6,5	7,5	2,3
	jährliche CO2-Emissionen [kg CO2/Sitzplatz]	648,5	162,7	1264,6	17530,0	438,0
	Bodenverbrauch [m²/Sitzplatz]	5,2	2,4	3,1	0,8	45,0
Städtebauliche Aspekte	Einfluss der Infrastruktur auf das Stadtbild [qualitativ]	gering	mittel bis großer	großer	gering	mittlere
	Architektonische Qualität [qualitativ]	hoch	hoch	hoch	niedrige	mittlere
Soziale Aspekte	Akzeptanz - Qualitätskriterien [qualitativ]	mittelere	niedrige - mittlere	mittelere	mittelere	mittelere
	Barrierefreiheit - Benutzerfreundlichkeit [qualitativ]	hoch	mittel	hoch	mittel	hoch



## Verkehrliche Aspekte

Bei verkehrlichen Aspekten, wie Fahrgeschwindigkeit (18 km/h) und Leistungsfähigkeit (3000Pers/h und R) überzeugt vor allem die Standseilbahn im Pendelbetrieb. Hier ist jedoch zu bedenken, dass mit der Länge der Linie, die Leistungsfähigkeit schrumpft, also sind Pendelbahnen vor allem bei kurzen Distanzen (in der Praxis meist nur ein Kilometer) mit hoher Taktung und hohem Fassungsvermögen effizient. Mit dem Einsatz bzw. der Zunahme an Haltestellen, verschlechtert sich nämlich die mittlere Geschwindigkeit und die Taktung vergrößert sich. Auf kurzen Distanzen (bis 3 km) wird die Errichtung einer Straßenbahnlinie kaum Bedeutung haben, ein Bus wäre zwar hier denkbar, jedoch liegt die Leistungsfähigkeit eines Busses (750Pers/h und R) weit unter der einer Standseilbahn.

Beim Vergleich von Linienbus und Seilschwebbahn im Umlaufbetrieb zeigt sich, dass ein Standardbus mit 12 Meter (750Pers/h und R) nicht mit der Leistungsfähigkeit von Umlaufbahnen (2800Pers/h und R) mithalten kann. Auch Schwebbahnen im Pendelbetrieb (1040Pers/h und R) sind auf kurzen Distanzen effizienter und leistungsfähiger als Busse.

Die Leistungsfähigkeit von Straßenbahnen (1500Pers/h/R) ist annähernd mit Schwebbahnen im Pendelbetrieb vergleichbar, jedoch können Straßenbahnen größere Distanzen bedienen. Im Linienvergleich zwischen Straßenbahn und Schwebbahn im Umlaufbetrieb ist zwar die Umlaufbahn leistungsfähiger, jedoch bei Zunahme der Länge und der Haltestellen verringert sich die mittlere Geschwindigkeit, durch das langsame Durchfahren der Stationen (0,15m/s → 2min/Station), und die Leistungsfähigkeit nimmt ab.

Bei der Taktung und somit der Wartezeit der Passagiere auf Fahrzeuge sind Seilbahnen (stetig bzw. 270s) bei weitem den üblichen Kursfolgezeiten herkömmlicher ÖPNV-Systemen überlegen (Bus: 480s; Straßenbahn: 360s). Bei der minimalsten möglichen Taktung von Bus und Straßenbahn (90 Sekunden) könnten herkömmliche öffentliche Verkehrsmittel mit Seilbahnen konkurrieren. Der Stetigförderer Umlaufbahn ist jedoch mit „Kursfolgen“ von 10 Sekunden im Vergleich zu allen anderen Systemen unschlagbar. Bei den Pendelbahnen kommt die Taktung der Fahrzeuge wiederum auf die Länge der Linie an, jedoch entstehen prinzipiell Wartezeiten, da meist nur wenige Fahrzeuge (1 oder 2) verkehren. Standseilbahnen erreichen höhere Geschwindigkeiten und somit auch eine kürzere Kursfolgezeit. Zu Stoßzeiten können größtenteils nur Umlaufbahnen, durch höhere Geschwindigkeiten und zusätzliche eingehängte Kabinen, flexibel der Nachfrage reagieren, jedoch gibt es auch hier Grenzen. So wird bei sehr hoher Nachfrage die Wartezeit, auf Grund der Kleinkabinen steigen und die Vorteile schwinden.

Standseilbahn und Pendelbahn sind auf ihre Fahrzeuge beschränkt und so kann die Taktung der Fahrzeuge nur durch die Geschwindigkeit erhöht werden. Bei Bus und Straßenbahn kann bis zu einer gewissen Grenze (Mindestabstände 90 Sekunden) die Taktung durch die Anzahl der Fahrzeuge erhöht werden. Jedoch sind diese Verkehrsmittel in Spitzenzeiten durch die gemeinsame Führung mit dem MIV meist externen Effekten ausgeliefert.

Wie bereits erwähnt ist die Haltestellendichte von Seilbahnsystemen ausschlaggebend für den effizienten Einsatz im urbanen Raum. Grundsätzlich sind die Haltestellenabstände bei Linienbussen und Straßenbahnen (390m) geringer als bei Umlaufseilbahnen (Rio de Janeiro: 690m), und sind somit für die Bereitstellung des ÖV geeigneter als Seilbahnen. Haltestellenabstände sind vor allem eine Kostenfrage, da Zwischenstationen von Umlaufseilbahnen ca. 3 Mio. € pro Station kosten. Im Vergleich dazu können Bus- und Straßenbahnhaltestellen mit ca. 0,2 Mio. € pro Station sehr viel günstiger errichtet werden. So können anstatt einer Seilbahnhaltestelle umgerechnet rund 15 herkömmliche ÖV-Stationen bereitgestellt werden. Da Seilablenkungen nur in Stationen erfolgen können, werden Stationen oftmals an solchen Stellen errichtet. Eine möglichst geradlinige Führung der Linie auf Grund der Kosten ist bei Umlaufseilbahnen ist aber von Vorteil.

Natürlich sind die Baukosten für Haltestellen nicht der Hauptkostenfaktor bei herkömmlichen ÖV-Systemen, jedoch ist dieser Faktor bei einer hohen Haltestellenanzahl bei Seilbahnen entscheidend.

Bei Steigungen in der Topografie einer Stadt zeigt sich der Vorteil von Seilbahnen gegenüber Straßenbahnen. Im Regelfall sollen Straßenbahnen Steigungen von 5% nicht übersteigen, darum wurden auch schon früher Standseilbahnen bei topografischen Schwierigkeiten eingesetzt (Bsp. San Francisco). Seilbahnen können durch den Seilantrieb jede Steigung überwinden und sich den unterschiedlichsten Geländeformen anpassen. Busse können dies bei gegebener Infrastruktur natürlich auch.

Der Nachteil bei Schienenverkehrsmittel, wie Straßenbahnen, ist, dass sie bei Betriebsstörungen nur bedingt flexibel reagieren können. Bei isolierten Teilstrecken etwa durch den Einsatz von Gleisverbindungen oder Schleifen können sie flexibel bedient werden. Bei Defekten oder Einflüssen von außen (Unfälle) entstehen aber meist Beeinträchtigungen (Zeitverluste) auf der ganzen Linie, Busse hingegen können bei Störungen umgeleitet werden und sind somit flexibler einsetzbar. Seilbahnen sind zwar kaum anfällig durch Einflüsse von außen, da sie eine eigene Fahrbahn besitzen, jedoch stehen z.B. bei Defekten des Motors oder bei Personenschäden alle Kabinen.

Grundsätzlich wirkt sich der eigene Fahrweg der Seilbahn (Schwebebahn und Standseilbahn) also positiv aus, aber bei Störungen sind sie noch unflexibler als Straßenbahnen.

Ein technisches Gebrechen von Seilbahnsystemen wird auf Grund der unzähligen Überwachungssysteme und der überwiegend automatisierten Betriebsführung unwahrscheinlich. 2010 geschahen rund 3,8% aller Unfälle mit Beteiligung eines öffentlichen Verkehrsmittels. Davon entfällt der Großteil auf Unfälle mit Straßenbahnen (63%). Diese Unfälle geschehen vor allem durch Kollisionen mit dem MIV. Derzeit gibt es zwar noch keine Statistiken bezüglich urbane Seilbahnsysteme, jedoch scheint nichts gegen die Sicherheit von Seilbahnen zu sprechen.

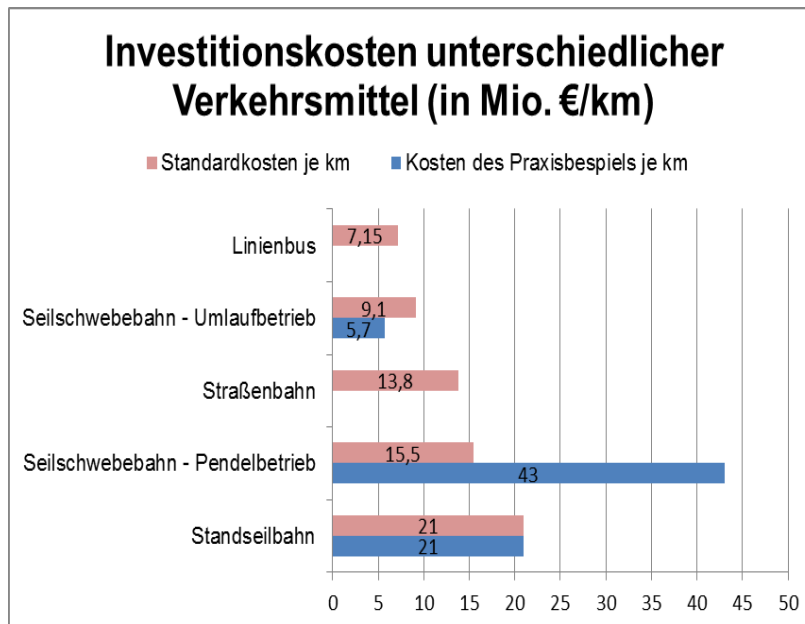
### **Wirtschaftliche Aspekte**

Geworben wird bei Seilbahnsystemen vor allem mit der günstigen Alternative zu anderen Verkehrsmitteln, jedoch trifft dies bei den Praxisbeispielen nicht immer zu. Es ist nicht leicht, eindeutige Angaben über den Kilometerpreis zu geben, da jedes System, Gelände und spezielle Anforderungen ausschlaggebend sind. Grundsätzlich kann gesagt werden, dass bei Schwebebahnen die Seile das billigste und die Stationen das teuerste sind. Bei Standseilbahnen kommt die auf Stützen geführte Infrastruktur teurer, aber es sind keine teuren Stationen für Seilablenkungen notwendig. Bei Systemen mit einer Gesamtlänge von nur einem Kilometer (Portland & Venedig) ist es außerdem schwieriger einen Kilometerpreis je System abzuleiten. Es könnten zum Beispiel mit wenig zusätzlichen Kosten für Seile weitere Distanzen erreicht werden und die Kosten würden sich, bezogen auf den Kilometerpreis, reduzieren. Anzumerken ist außerdem, dass bei der Seilschwebebahn im Pendelbetrieb das Anwendungsbeispiel der Portland Aerial Tram deutliche Kostenüberschreitungen in Bezug auf die geplanten Kosten hatte.

Näherungsweise können jedoch die Investitionskosten pro Verkehrsmittel, wie in Abbildung 27 dargestellt, genannt werden, wobei beim Linienbus die Fahrbahn als gegeben betrachtet wird. Weiters wurden Kosten für Grundstückserwerb und Planungskosten aus der Kostenschätzung ausgeschlossen.

In Abbildung 27 sind die Investitionskosten der jeweiligen Systeme angeführt. Einerseits werden die errechneten Standardkosten pro Kilometer angegeben und andererseits die Kosten der Praxisbeispiele umgerechnet auf einen Kilometer.

**Abbildung 27: Investitionskosten unterschiedlicher Verkehrsmittel**



Quelle: Tabelle 28, eigene Darstellung

Bei den Standardkosten der Investitionskosten ist der Linienbus das kostengünstigste Verkehrsmittel im Vergleich zu den anderen Systemen. Die Kosten der Praxisbeispiele der Seilschwebebahn im Pendelbetrieb (ca. 1km Länge) sehr hoch. Es wird vermutet, dass längere Linien kostengünstiger sind, da sich die Kosten stärker verteilen würden.

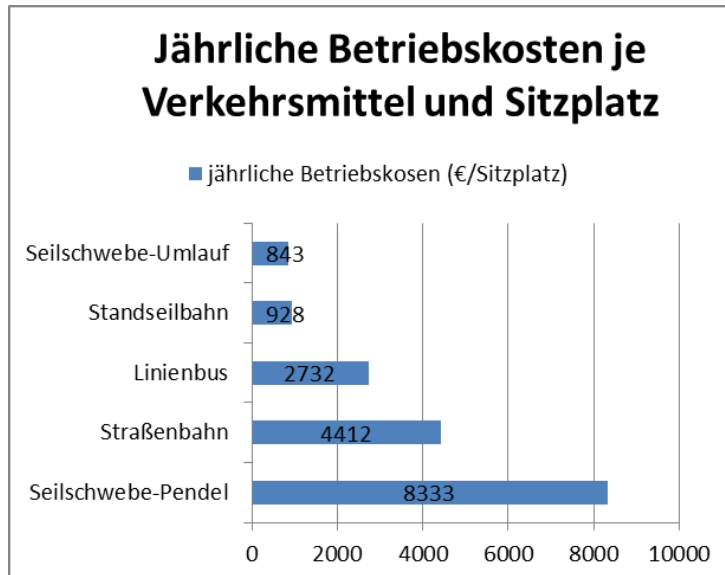
Standseilbahn und Pendelbahn sind in teurer als die herkömmlichen ÖPNV-Systeme. Die Umlaufseilbahn liegt mit ihren Infrastrukturkosten (5,7 bzw. 9,1 Mio. €/km) im Bereich der des Linienbusses (7,15 Mio. €/km). Als kostengünstige Alternative für den Linienbus ist somit insbesondere die Umlaufbahn zu nennen.

In Anbetracht der Investitionskosten rechnet sich die Errichtung von Seilbahnen in der „normalen“ Stadtstruktur (geradlinig und ohne Hindernisse), nur bei Umlaufseilbahnen (5,7 bzw. 9,1 Mio. €/km), da sie in etwa im Kostenbereich von Linienbussen (7,15 Mio. €/km) liegen. Kosten für die Überwindung von extremen Topografien wurden zwar in der Analyse nicht explizit betrachtet, jedoch ist klar, dass bei der Errichtung von Sonderinfrastruktur wie Tunnel oder Brücken für herkömmliche ÖPNV-Systeme die errechneten Kosten bei weitem überschritten werden würden. In Bezug auf die Investitionskosten liegen vor allem Seilschwebebahnen bei der Barriereüberwindung im Vorteil gegenüber Bus und Straßenbahn.

Die jeweiligen Betriebskosten sind nicht leicht anzugeben, da die Voraussetzungen je nach System unterschiedlich sind. Während bei herkömmlichen ÖV-Verkehrsmitteln meist die Betriebskosten pro Fahrzeugkilometer angegeben wer-

den, kann bei Seilbahnen dies nur durch das jeweilige System, die Linienlänge und die Anzahl der Stationen richtig dargestellt werden. Zum Vergleich wurden die jeweiligen jährlichen Betriebskosten je System daher hier auf jährliche Betriebskosten pro Sitzplatz bezogen (siehe Abbildung 28).

**Abbildung 28: Jährliche Betriebskosten je Verkehrsmittel und Sitzplatz**



Bei der Pendelbahn entstehen bei weitem die höchsten jährlichen Betriebskosten je Sitzplatz (8333 €/Sitzplatz). Auch Straßenbahnen und Busse weisen hohe Betriebskosten pro Sitzplatz auf (Straßenbahn 4412€/Sitzplatz, Bus 2732 €/Sitzplatz). Die geringsten Betriebskosten pro Sitzplatz (843 €/Sitzplatz) entstehen bei der Umlaufbahn.

Den Hauptkostenfaktor bei den Betriebskosten machen die Personalkosten aus. Einerseits ist der Bedarf an Personal bei herkömmlichen ÖV-Systemen höher als bei Seilbahnen, da jedes Fahrzeug einen Betriebsführer benötigt. Andererseits benötigen Bus und Straßenbahn kein Personal bei Haltestellen. Bei Seilbahnen können zwar teilweise Haltestellen unbesetzt sein, jedoch ist Personal für die Überwachung nötig.

### **Umweltaspekte**

Umweltaspekte und ein sorgsamer Umgang mit Ressourcen besitzen in der heutigen Zeit einen hohen Stellenwert in der Gesellschaft. Seilbahnen und Straßenbahnen werden mit Strom betrieben, der meist dezentral erzeugt wird. Busse fahren hingegen mit Flüssiggas und stoßen Schadstoffe direkt vor Ort aus.

Der jährliche Energiebedarf pro Sitzplatz bei Umlaufseilbahnen (0,8 MWh/Jahr) und somit auch die jährliche CO<sub>2</sub>-Emission (162g CO<sub>2</sub>) ist sehr gering. Linienbusse benötigen die meiste Energie bezogen auf einen Sitzplatz (7,5 MWh/Jahr) und weist

auch im Vergleich zu den anderen Systemen die höchsten CO<sub>2</sub>-Emissionen auf (17,5 Tonnen CO<sub>2</sub> pro Sitzplatz!).

Der Bodenverbrauch pro Sitzplatz und Verkehrsmittel ist unter Annahme keiner eigenen Infrastruktur für den Bus, beim Linienbus am geringsten (0,8m<sup>2</sup>) und mit 34,6m<sup>2</sup> für die Straßenbahn am höchsten.

Bei den Umweltaspekten sticht am positivsten die Umlaufbahn und am negativsten der Linienbus hervor. Aber auch Straßenbahn und Pendelbahn sind umweltfreundlich im Gegensatz zum Linienbus.

### **Rechtliche Aspekte**

Rechtlich gesehen gibt es derzeit noch wenig Erfahrung bezüglich der Planung und Errichtung von Seilbahnen im urbanen Raum. Ein Hauptpunkt wird jedoch meist der Umgang mit privatem Eigentum sein. Bei beengten Platzverhältnissen in der Stadt wären Enteignungen von privatem Eigentum denkbar. Andererseits wären durch Überfahrungen von privatem Eigentum viele zivilrechtliche Verträge notwendig. Im Vergleich zu herkömmliche ÖPNV-Systeme, die überwiegend im bestehenden Raum realisiert werden, gibt es bei Überfahrungen von Grundstücken mit Seilschwebbahnen vermehrten Kontakt mit privaten Grundstücken. Bei vielen Grundstücken und somit vielen Personen mit Parteistellung könnte dies zu einer zeitlichen Verlängerung der Planung führen.

### **Stadtbild und Architektur**

Der Einfluss der Infrastruktur auf das Stadtbild wird bei der Standseilbahn am höchsten eingeschätzt, da bei der Errichtung auf Stützen eine massive Infrastrukturkonstruktion entsteht. Der geringste Einfluss entsteht bei Pendelbahnen und bei Linienbussen, da nur wenig Infrastruktur errichtet werden muss.

Einen geringen Einfluss auf das Stadtbild weisen die Pendelbahn und der Bus auf. Bei historischen Städten, in deren Stadtbild nicht allzu sehr eingegriffen werden möchte, dennoch ein öffentliches Verkehrsmittel errichtet werden soll, sind im Vergleich der betrachteten Systeme, Pendelbahnen und Busse die idealsten Verkehrsmittel.

Die architektonische Qualität von öffentlichen Verkehrsmitteln ist oftmals eine Kostenfrage. Grundsätzlich können bei Seilbahnen die Haltestellen besser architektonisch in die Umgebung eingebunden werden als bei herkömmlichen ÖPNV-Systemen, da Gebäude errichtet werden und nicht nur Haltestellenhäuschen. Businfrastruktur stellt die geringste architektonische Qualität in einer Stadt dar. Da eine

Seilbahn auch als Attraktion und Neuheit in einer Stadt gilt, kann die architektonische Gestaltung der Bahn noch zusätzlichen Anreiz bieten.

### **Soziale Aspekte**

Bei der Akzeptanz der Nutzer im Vergleich von Seilbahnen und herkömmlichen Verkehrsmittel wird es kaum Unterschiede geben. Alle Verkehrsmittel werden somit durch eine mittlere Akzeptanz bewertet. Größere Akzeptanzschwierigkeiten könnten nur bei einer längeren Umlaufseilbahn entstehen, da für die Errichtung dieser Bahn oftmals viele private Grundstücke betroffen sind.

Die Akzeptanz von Seilbahnen wird durch die Eingriffe in privates Eigentum bestimmt, somit gibt es vor allem bei den längeren Umlaufseilbahnen eine niedrigere Akzeptanz seitens der Bevölkerung als bei anderen Systemen. Bei Überfahrungen von öffentlichen Flächen wird die Bahn mit einer mittleren Akzeptanz der Bevölkerung bewertet.

Die Barrierefreiheit bzw. die Benutzerfreundlichkeit ist bei den meisten öffentlichen Verkehrsmitteln bereits Standard. Auf Grund der geringen Haltestellendichte bei Seilbahnen ist der Zugang durch mobilitätseingeschränkte Personen jedoch oftmals eingeschränkt. Die Fahrt mit dem jeweiligen System ist zwar zu meistern, jedoch bei Umlaufbahnen könnten Probleme entstehen, da die Kabinen in den Haltestationen nicht vollständig zum Stillstand kommen. Standseilbahnen und Pendelbahnen gelten hingegen als benutzerfreundlicher. In Bussen und Pendelbahnen können bei Überfüllung, wie in Stoßzeiten, eingeschränkte Platzverhältnisse herrschen und die Benutzerfreundlichkeit kann eingeschränkt sein.

## **10.3 Einsatzmöglichkeiten von Seilbahnen als ÖPNV-Systeme im urbanen Raum**

Aus dem Vergleich der Systeme können somit folgende Ergebnisse für die Einsetzbarkeit von Seilbahnen als ÖPNV-System abgeleitet werden:

- Standseilbahnen werden dort effizient eingesetzt, wo es auf kurzen Strecken zu **punktuell hohen Nachfragen** kommt. Dabei stellen sie aber nur Verbindungen zwischen dem Verkehrserreger und anderen Verkehrsknotenpunkten her (z.B. Stadion oder Konzertareale mit Stadt), Verbindung von Verkehrsknotenpunkten (versch. Bahnhöfen in einer Stadt), Verkehrsknotenpunkte mit Zentrum (z.B. Flughafen oder Hafen mit Stadt).
- Die Haltestellendichte, die bei Straßenbahnen und Bussen gegeben ist, kann durch kein Seilbahnsystem erreicht werden. Ein engmaschiges Verkehrsnetz nur aus Seilbahnen ist daher derzeit nicht denkbar. Seilbahnen werden somit in

Zukunft nur **punktuell oder zum Schließen von Lücken** eingesetzt werden können.

- Umlaufseilbahnen sind nur so lange effizient und punkten als Stetigförderer, solange die **Nachfrage konstant und eher niedrig** ist. In Spitzenzeiten punkten die Systeme mit hohem Fassungsvermögen (Straßenbahn und Standseilbahn).
- In **dicht verbauten Gebieten**, in denen eine **mittlere Nachfrage** an ÖV besteht, Straßenbahnen aber zu beengte Platzverhältnisse für den Errichtung auffinden und Busse zu wenig Leistungsfähigkeit aufweisen, sind **Seilschwebbahnen** ideal.
- Standseilbahn und Pendelbahn sind in Bezug auf die maximale Anzahl an Fahrzeugen bzw. Kabinen beschränkt. Bei Straßenbahnen und Bussen kann auf Schwankungen in der Nachfrage besser reagiert werden. Eine **kontinuierliche Auslastung** ist somit auch bei Standseil- und Pendelbahn wünschenswert.
- Kosten und Zeitverluste begrenzen die **Haltestellendichte** von Seilbahnsystemen, somit sind kurze Linien, langen vorzuziehen. Kurze Linien sind aber im Vergleich zu herkömmlichen ÖPNV-Systemen nur dort sinnvoll, die für Bus und Straßenbahn nicht erreichbar sind (Barrieren).
- Ein sinnvoller Einsatz von Seilbahnen wäre auch dort, wo Fahrgäste **weite Strecken zurücklegen, aber nicht viele Stationen dazwischen liegen**, denn hier können vor allem **Umlaufbahnen** mit dem Kostenvorteil gegenüber herkömmlichen ÖPNV-Systemen punkten („nur eine Station fahren“)
- Bei herkömmlichen öffentlichen Verkehrsmitteln können die Fahrzeuge bei **Notfällen, Störungen** usw. rasch verlassen werden, bei Seilschwebbahnen werden Hilfskräfte für die Evakuierung benötigt, sodass die **Passagiere in der Höhe eingeschlossen** sind.
- Bei **Höhenunterschieden**, die Straßenbahnen nicht bewältigen können, sondern nur Busse bewerkstelligen können, sind Seilbahnen im Vorteil.
- Dort wo Straßeninfrastruktur bereits besteht und Busse diese auch problemlos befahren können, werden Seilbahnen kein Thema sein. Doch **bei Neuimplementierung von herkömmlicher Infrastruktur** (Neubau von Straßen) weisen vor allem Seilschwebbahnen im Umlaufbetrieb **Kostenvorteile** auf.



- In Anbetracht der Investitionskosten rechnet sich die Errichtung von Seilbahnen **in der „normalen“ Stadtstruktur** (geradlinig und ohne Hindernisse), **nur bei Umlaufseilbahnen**, da in etwa im Kostenbereich von Linienbussen liegen. Zur Überwindung von **Barrieren** sind vor allem **Seilschwebbahnen eine sehr kostengünstige Alternative** anstelle der Errichtung von Brücken, Tunnel die herkömmliche ÖPNV-Systeme benötigen würden.
- Im Vergleich zu herkömmlichen ÖPNV-Systemen sind vor allem die **Umlaufbahn und die Standseilbahn sehr günstig in den Betriebskosten** pro Sitzplatz.
- Als umweltfreundliche Alternative zu herkömmlichen ÖPNV-Systemen ist vor allem die **Umlaufbahn** zu nennen. Mit **wenig Energiebedarf** können viele Kabinen gleichzeitig befördert werden.
- Der **rechtliche Aufwand** zur Realisierung von herkömmlichen ÖPNV-Systemen ist den Betreibern geläufig. Bei Seilbahnen ist dies noch eher Neuland. Insbesondere können bei Seilschwebbahnen langwierige rechtliche Verhandlungen entstehen, wenn **viele private Grundstücke überfahren** werden müssen. Die Errichtung von Seilbahnen wird daher eher in Gebieten erfolgen, in denen die meisten Grundstücke öffentliches Eigentum bzw. wo nur wenige Liegenschaften betroffen sind.
- Die **Errichtung** von Seilbahnen, insbesondere von Umlaufseilbahnen sollte in Gebieten erfolgen, in denen **wenig private Grundstücke** betroffen sind. Einerseits wegen rechtlichen Schwierigkeiten bei zivilrechtlichen Verträgen für Überfahrungen und andererseits die dadurch entstehenden **Akzeptanzschwierigkeiten**. In dicht-verbauten Gebieten wären sonst nur Busse die Alternative, da Straßenbahnen gewisse Platzverhältnisse für die Führung der Infrastruktur benötigen.
- Bei **beengten Platzverhältnissen** im Straßenraum und dem Wunsch eines möglichst **geringen Eingriffes ins Stadtbild** sind **Pendelbahnen** eine ideale Alternative im öffentlichen Verkehr.
- Wenn ein **besonders Verkehrsmittel** in einer Stadt gewünscht wird, das einerseits derzeit weltweit nur vereinzelt vorkommt und andererseits die Infrastruktur auch **für architektonische Highlights** genutzt werden möchte, dann sind alle Seilbahnsysteme ideal als öffentliches Verkehrsmittel.
- Für **mobilitätseingeschränkte Personen** sind **Standseilbahnen**, gefolgt von **Pendelbahnen** auf Grund des Stillstandes in den Stationen und den großen

Fahrzeugen am besten geeignet. Insbesondere sind daher Umlaufseilbahnen zur Erschließung von z.B. Krankenhausarealen, Kurorten, usw. eher ungeeignet.

## 11 Resümee

Die herkömmlichen ÖPNV-Systeme Straßenbahn und Bus überzeugen bei Standard-Bedingungen in der ebenen Stadt, denn sie können mit einer dementsprechenden Haltestellendichte öffentlichen Verkehr anbieten. Seilbahnen sind jedoch bei besonderen Gegebenheiten effektiv und leicht einzusetzen. Seilschwebbahnen im Pendelbetrieb eignen sich vor allem bei extremen topografischen Verhältnissen und Standseilbahnen sind gut dort einsetzbar, wo kurze Distanzen bei hoher Nachfrage überwunden werden müssen. Die Vorteile entstehen hier durch die kurzen Distanzen, die mit wenig Infrastruktur überwunden werden können. Der Einsatz von Seilbahnsystemen lohnt sich insbesondere wenn im Vergleich mit herkömmlichen ÖPNV-Systemen für die Implementierung einer Linie zusätzliche Infrastruktur, wie zum Beispiel Brücken über Gewässer errichtet werden müssten.

Alle Seilbahnsysteme (Seilschwebbahnen und Standseilbahnen) sind grundsätzlich zum Einsatz in folgenden Situationen geeignet...

- in mittelgroßen Städten, in Bezug auf die Nachfrage
- zur Schließung von ÖPNV-Lücken und Ergänzungen im bestehenden ÖPNV-Netz (Barriereüberwinder, Lückenschließer), jedoch (noch) nicht für ganze ÖV-Netze
- bei großen Haltestellenabstände (1 km)
- wenig betroffene Privatgrundstücke, zwecks rechtlichen Problemen und Akzeptanzschwierigkeiten
- zur Schaffung architektonische Highlights (Prestige) in einer Stadt

Die einzelnen Systeme besitzen jeweils, aufgrund ihrer Eigenschaften weitere speziellere Einsatzbereiche. Je nach System gibt es somit folgende Einsatzmöglichkeiten:

### Seilschwebebahnen im Pendelbetrieb sind geeignet...

- bei kurzen, eher geraden Streckenführungen
- bei einer kontinuierlichen mittleren Nachfrage
- als kostengünstige Alternative im Vergleich zu herkömmlichen ÖPNV-Systemen zur Überwindung von Barrieren (Gewässer, Steigungen, Infrastruktur wie Autobahnen,...)
- also kostengünstige Alternative statt der Neuimplementierung herkömmlicher Infrastruktur (Straßenneubau für Busse)
- beim Wunsch von einem geringen Eingriff in das Stadtbild
- in dicht-verbauten Stadtteilen, in denen Straßenbahnen und Linienbusse nicht errichtet werden können (z.B. durch Mindestradien von Straßenbahnen)
- **mögliche Einsatzgebiete:**
- Überwindung von Barrieren (Flussläufe, Schlucht, Hügel, hochrangiges MIV-Netz) mit mittlerer Nachfrage

### Seilschwebebahnen im Umlaufbetrieb sind geeignet...

- bei einer kontinuierlichen Nachfrage
- bei mittleren Distanzen und geradlinigen Streckenführung mit Höhenunterschieden und größeren Haltestellenabständen
- wenn gewisse Längen und Haltestellendichte nicht überschritten werden
- als kostengünstige Alternative statt der Neuimplementierung herkömmlicher Infrastruktur (Straßenneubau für Busse)
- als kostengünstige Alternative im Vergleich zu herkömmlichen ÖPNV-Systemen zur Überwindung von Barrieren (Gewässer, Steigungen, Infrastruktur wie Autobahnen,...)
- als umweltfreundliche Alternative zu Straßenbahn und insbesondere Linienbus bezüglich Stromverbrauch und CO<sub>2</sub>-Emissionen
- in dicht-verbauten Stadtteilen, in denen Straßenbahnen und Linienbusse nicht errichtet werden können (z.B. durch Mindestradien von Straßenbahnen)
- **mögliche Einsatzgebiete:**
- Anschluss zerstreuter und abgelegener Siedlungen mit Stadtzentrum
- Leistungsfähigere Alternative anstelle einer Buslinie und wo andere Verkehrsmittel nicht implementiert werden können (z.B. aufgrund von Steigungen)

### Standseilbahnen (APM) sind geeignet:

- für kurze und vor allem kurvige Streckenführungen
- bei punktuell hoher bis kontinuierlicher Nachfrage
- als kostengünstige Alternative zu Straßenbahn und Linienbus in Bezug auf Betriebskosten
- **mögliche Einsatzbeispiele:**
- Anbindung von Stadien oder Konzertarealen (auf der grünen Wiese) mit Stadt
- Verbindung von Verkehrsknotenpunkten (versch. Bahnhöfen in einer Stadt, Flughafen oder Hafen mit Stadt)
- Innere Erschließung von stark frequentierten Arealen (Flughafen)

In dieser Arbeit war es nicht möglich auf alle technische Seilbahnsysteme im Umfang einzugehen. So wurde jeweils eine Seilbahn aus den technischen Systemen gewählt, mit der die relevanten Seilbahnsysteme analysiert wurden, um die Einsatzmöglichkeiten für den ÖPNV-Einsatz zu definieren. Bei Umlaufseilbahnen gibt es zum Beispiel verschiedenste Systeme. Eine Dreiseilumlaufbahn benötigt eine andere Infrastruktur als eine Einseilumlaufbahn und daher würden sich die Ergebnisse der Analyse ändern und möglicherweise auch andere Einsatzgebiete für Dreiseilumlaufbahnen abgeleitet werden können als bei Einseilumlaufbahnen. Die Betrachtung aller Systeme und der Untersysteme ginge über den Umfang dieser Arbeit hinaus.

Zusammenfassend kann gesagt werden, dass Seilbahnen auf gewisse Gegebenheiten förmlich zugeschnitten sind und können bei diesen Gegebenheiten als Alternative zu Straßenbahnen und Bussen eingesetzt werden. Die Möglichkeit des Einsatzes von Seilbahnen als Alternative zu herkömmlichen ÖPNV-Systemen ist daher immer von örtlichen Gegebenheiten und Wünschen der Betreiber abhängig. Die Ergebnisse der Arbeit können aber keine spezifische Untersuchung eines jeweiligen Projektes (z.B. Kosten-Nutzen-Untersuchung) ersetzen.

Derzeitig wird versucht, keine allzu große Haltestellendichte zu erreichen, da sie vor allem Zeitverluste für die beförderten Fahrgäste bedeuten. Daraus ergeben sich wiederum kurze Linienlängen. Eine höhere Haltestellendichte wäre jedoch auch in Bezug auf das Angebot im öffentlichen Verkehr, wo meist mit Einzugsbereichen von 200 bis 300m gerechnet wird, wünschenswert. Hier müssten technische Lösungen gefunden werden, die die Fahrzeit gering halten und trotzdem eine hohe Haltestellendichte gewährleisten. Dies könnte einerseits über die Erhöhung der maximalen

Geschwindigkeit zwischen Stationen erreicht werden oder andererseits durch die Reduktion der Durchfahrtszeit bei Stationen. Eine Lösung in Anlehnung an das technische System eines Personal Rapid Transit wäre hier denkbar. Die technische Umsetzbarkeit müssten dabei von den Herstellern diskutiert und überprüft werden.

Der Einsatz von Seilbahnen als ÖPNV-Systeme im urbanen Raum kann somit teilweise eine Alternative zu herkömmlichen öffentlichen Verkehrsmitteln darstellen. Technische Weiterentwicklungen der Systeme für den Einsatz in Städten und vor allem Prestigeprojekte werden die Zukunftsfähigkeit von Seilbahnen als öffentliche Verkehrsmittel mitbestimmen.

## Quellenverzeichnis

- **ABGB 1811** (Allgemeines bürgerliches Gesetzbuch): Allgemeines bürgerliches Gesetzbuch für die gesammten deutschen Erbländer der Oesterreichischen Monarchie StF: JGS Nr. 946/1811 (idF BGBl. I Nr. 58/2010)
- **Auer**, Wolfram (2012): Gesprächsnotiz mit Doppelmayr basierend auf einem Telefonat, geführt vom Verfasser. Wien, 26.03.2012.
- **Badegruber** Ernestine (2012): „Konzeptentwicklung, Personalbedarf/Personalkosten, Finanzierungsplan.“ Skriptum FH Oberösterreich. URL: [http://www.telesozial.net/cms/uploads/tx\\_kdcaseengine/Skriptum\\_Konzeptentwicklung\\_\\_Personalbedarf\\_Personalkosten\\_\\_Finanzierungsplan.pdf](http://www.telesozial.net/cms/uploads/tx_kdcaseengine/Skriptum_Konzeptentwicklung__Personalbedarf_Personalkosten__Finanzierungsplan.pdf) (Stand: 12.03.2012)
- **Bahke** E. (1973): Transportsysteme heute und morgen. Mainz: Otto Krausskopf-Verlag GmbH.
- **BAK** (2012), online: Zürich-Flughafen (Bundesamt für Kultur). URL: <http://www.seilbahninventar.ch/objekt.php?objid=43244&lang=de> (Stand: 14.02.2012)
- **Blaustein**, Namako (2011): „Hangin´on for a tramway revamp“. In: New York Post am 26.2.2011, online. URL: [http://www.nypost.com/p/news/local/manhattan/roosevelt\\_ride\\_closing\\_for\\_rehab\\_UZJKBzxsGTz6n8xhLoZQvM](http://www.nypost.com/p/news/local/manhattan/roosevelt_ride_closing_for_rehab_UZJKBzxsGTz6n8xhLoZQvM) (Stand: 29.2.2012)
- **B-VG 1934** (Bundesverfassungsgesetz) (idF BGBl I Nr. 12/2012)
- **Cerwenka et al.** (2004): Einführung in die Verkehrssystemplanung. Wien: Österreichischer Kunst- und Kulturverlag.
- **Cerwenka et al.** (2007): Handbuch der Verkehrssystemplanung. Wien: Österreichischer Kunst- und Kulturverlag.
- **Czitary**, Eugen (1962): Seilschwebbahnen. Zweite, erweiterte Auflage. Wien: Springer Verlag.
- **DCC** (2012a), online: CLS Venedig. URL: [http://www.dcc.at/doppelmayr/company/en/tmp\\_1\\_225945842/Venice\\_Cable\\_Liner\\_System\\_Opens\\_to\\_the\\_Public\\_newsdetail.aspx](http://www.dcc.at/doppelmayr/company/en/tmp_1_225945842/Venice_Cable_Liner_System_Opens_to_the_Public_newsdetail.aspx) (Stand: 20.04.2012)
- **DCC** (2012b), online: Design. URL: [http://www.dcc.at/doppelmayr/competences/en/tmp\\_1\\_339370816/Design\\_detail.aspx](http://www.dcc.at/doppelmayr/competences/en/tmp_1_339370816/Design_detail.aspx) (Stand: 09.05.2012)
- **DCC** (2012c), online: International Airport Shuttle, Mexiko City. URL: [http://www.dcc.at/doppelmayr/references/en/tmp\\_1\\_264315023/International\\_Airport\\_Shuttle,\\_Mexico\\_City,\\_Mexico\\_detail.aspx](http://www.dcc.at/doppelmayr/references/en/tmp_1_264315023/International_Airport_Shuttle,_Mexico_City,_Mexico_detail.aspx) (Stand: 14.02.2012)
- **Doppelmayr** (2012a), online: Broschüre Pendelbahn pdf URL: [http://www.doppelmayr.com/fileadmin/HTML/Pendelbahnen\\_DE/files/fld\\_pendelbahnen\\_2009\\_de.pdf](http://www.doppelmayr.com/fileadmin/HTML/Pendelbahnen_DE/files/fld_pendelbahnen_2009_de.pdf) (Stand: 29.02.2012)
- **Doppelmayr** (2012b), online: CLS Tronchetto Piazzale Roma. URL: <http://www.doppelmayr.com/doppelmayr-international/anwendungen/urban/referenzen.html?country=all> (Stand: 08.05.2012)
- **Doppelmayr** (2012c), online: Größte Seilbahn Deutschlands eröffnet. URL: [http://www.doppelmayr.com/index.php?id=55&L=6&country=all&tx\\_ttnews\[tt\\_news\]=178&cHash=6a4d4e995d](http://www.doppelmayr.com/index.php?id=55&L=6&country=all&tx_ttnews[tt_news]=178&cHash=6a4d4e995d) (Stand: 20.02.2012)
- **Doppelmayr** (2012d), online: Gruppenbahnen. URL: <http://www.doppelmayr.com/de/doppelmayr-international/produkte/gruppenbahnen.html?country=all> (Stand: 31.01.2012)

- **Doppelmayr** (2012e), online: Kombibahnen. URL: <http://www.doppelmayr.com/de/doppelmayr-international/produkte/kombibahnen.html?country=all> (Stand: 31.01.2012)
- **E-Control** (2010) online: Bericht über die Stromkennzeichnung 2010. URL: <http://www.e-control.at/portal/page/portal/medienbibliothek/oeko-energie/dokumente/pdfs/stromkennzeichnungsbericht-2010-final.pdf> (Stand: 23.04.2012)
- **E-Control** (2012) online: Ergebnisse Industriestrompreise 2. HJ 2011 URL: <http://www.e-control.at/de/industrie/strom/strompreis/industriestrompreise/energiepreis> (Stand: 23.04.2012)
- **Eichmann et al.** (2006): Umweltfreundlicher, attraktiver und leistungsfähiger ÖPNV. Ein Handbuch. Hrsg.: Deutsches Institut für Urbanistik. Berlin: DIFU.
- **EisbG 157** (Eisenbahngesetz): Bundesgesetz über Eisenbahnen, Schienenfahrzeuge auf Eisenbahnen und den Verkehr auf Eisenbahnen (idF BGBl Nr. 60/1957)
- **EisbEG 1954** (Eisenbahn-Enteignungsentschädigungsgesetz): StF: BGBl. Nr. 71/1954 (WV)
- **EU-Richtlinie 2000/9/EG** über Seilbahnen für den Personenverkehr, 20.März 2000
- **FGSV** (2008): Hinweise zu Systemkosten von Busbahn und Straßenbahn bei Neueinführung. (Hrsg.): FGSV, Arbeitsgruppe Verkehrsplanung. Ausgabe 8. Köln: FGSV-Verlag.
- **Garaventa** (2012): Fragenkatalog bezüglich Pendelbahnen mit Garaventa. (Übermittlung durch Wolfram Auer am 13.04.2012)
- **Garaventa-Doppelmayr** (2012), online: Referenzen. URL: <http://garaventa.doppelmayr.com/garaventa/kommunikation/referenzen.html?country=ch> (Stand: 30.1.2012)
- **Inauen Schätti AG** (2012), online: URL: <http://www.seilbahnen.ch/de/Seilbahnen/Beschreibung-Seilbahnen.php> (Stand: 30.01.2012)
- **ISR** (2011a): „Der People-Mover von Venedig.“ 21.04.2011. URL: <http://www.isr.at/Der-People-Mover-von-Venedig.385.0.html> (Stand: 12.03.2012)
- **ISR** (2011b), online: „Städtische Seilbahnen. Futuristische Fahrt mit Aussicht auf die Lagunenstadt“. Vom 30.03.2011. URL: <http://www.isr.at/Futuristische-Fahrt-mit-Aussicht-auf-die-Lagunenstadt.130.0.html> (Stand: 15.04.2012)
- **ISR** (2011c), online: „Urban Ropeways. Second Cable Liner Shuttle opened in Las Vegas“ vom 30.03.2011. URL: <http://www.isr.at/Second-Cable-Liner-Shuttle-opened-in-Las-Vegas.120+M52087573ab0.0.html> (Stand: 15.04.2012)
- **Köhler, Ivo** (2006): Handbuch Straßenbahn. Fahrzeug-Anlagen-Betrieb. München: Geramond Verlag.
- **KfIG 1999** (Kraftfahrliniengesetz): Bundesgesetz über die linienmäßige Beförderung von Personen mit Kraftfahrzeugen (idF BGBl. Nr. 203/1999)
- **Leitner** (2012), online: URL: <http://www.leitner-lifts.com/Home> (Stand: 30.01.2012)
- **Leitner** (2012a), online: Kuppelbare Kabinenbahnen, Broschüre. URL: <http://paper.holzweg.tv/title/Download+Prospekt+AUTOMATISCH+KUPPELBARE+KABINENBAHNEN/pdf/http://www.leitner-lifts.com/content/download/249/42302/version/66/file/kuppelbare-kabinenbahnen-deutsch.pdf> (Stand: 02.03.2012)
- **Leitner** (2012b), online: Seilbahnsysteme für den urbanen Personentransport, Broschüre. URL: <http://paper.holzweg.tv/title/Download+Prospekt+URBANE+TRANSPORTSYSTEME/pdf/>



- <http://www.leitner-lifts.com/content/download/1874/75314/version/32/file/urban-dt.pdf>  
(Stand: 05.03.2012)
- **Leitner-Poma** (2012), online: Pressemappe: Die Aerial Tram von Poma in Rio de Janeiro PDF. URL: <http://www.poma.net/media/presse/dp-rio-all.pdf> (Stand: 14.02.2012)
  - **Lehner, Friedrich** (1969): Regionale Ordnung in Verkehr und Städtebau (Referat zu: 38. internationaler Kongreß der UITP, London, 1969), hrsg. Von: Internationaler Verband für öffentliches Verkehrswesen (UITP), Brüssel. Wiederabdruck in: Dr. Friedrich-Lehner-Stiftung (Hrsg.) (1982): Friedrich Lehner \*17.12.1900 3.3.1979. Zur Erinnerung an Friedrich Lehner und seine Arbeit für den öffentlichen Nahverkehr. Hannover.
  - **Lift-world** (2012), online: Liftprojekte. URL: <http://www.lift-world.info/de/lifts/projects/page1.htm> (Stand: 31.01.2012)
  - **Melek et al.** (2007): The Portland Aerial Tram Inc. In: Structure Magazine, März 2007. S 34-36. Online unter: URL: <http://www.structuremag.org/Archives/2007-3/F-Portland%20Aerial%20Tram.pdf> (Stand: 01.03.2012)
  - **Monheim et al.** (2009): Spurwechsel. Ideen für einen innovativen ÖV. Universität Trier (Hrsg.) Köln: kölnner stadt- und verkehrs-verlag.
  - **Monheim et al.** (2010): Urbane Seilbahnen. Moderne Seilbahnsysteme eröffnen neue Wege für die Mobilität in unseren Städten. Köln: ksv kölnner stadt- und verkehrs-verlag.
  - **Nejez, Josef** (2009): Städtische Seilbahnen. In: Internationale Seilbahn-Rundschau, Heft 5/2009, S 8-13.
  - **ÖVG, Österreichische Verkehrswissenschaftliche Gesellschaft, Arbeitskreis Öffentlicher Verkehr** (Hrsg.) (2009): Handbuch öffentlicher Verkehr. Schwerpunkt Österreich. 1. Auflage. Wien: Bohmann Druck und Verlag GesmbH. & Co KG.
  - **Ohm, Stefan** (2009): „Stadt- und soziale Segregation in den Städten Afrikas.“ In: Spektrum der Wissenschaft Online, 16.4.2009: URL: <http://www.scilogs.de/wblogs/blog/geo-log/kuso/2009-04-16/stadt-und-soziale-segregation-in-den-st-dten-afrikas> (Stand: 11.11.2011)
  - **Oplatka, Gabor** (2008): „Seilbahnen, sicheres Verkehrsmittel in den Bergen.“ In: NZZ Online, 16.09.2008, online. URL: [http://www.nzz.ch/magazin/mobil/die\\_vielen\\_gesichter\\_der\\_seilbahn\\_1.832644.html](http://www.nzz.ch/magazin/mobil/die_vielen_gesichter_der_seilbahn_1.832644.html) (Stand 06.03.2012)
  - **Pichler, Thomas** (2011): „OITAF Kongress in Rio de Janeiro, Oktober 2011“. URL: <http://www.oitaf.org/Kongress%202011/Referate/Doppelmayer%20Pichler%20report.pdf> (Stand: 12.03.2012)
  - **Portland Aerial Tram** (2012), online: FAQs URL: <http://www.portlandtram.org/faq.htm> (Stand: 29.02.2012)
  - **Pütz, Ralph** (2012): Einführung in die Linienbustechnik. VDV-Akademie Köln (Hrsg.). Düsseldorf: Alba Fachverlag GmbH + Co. KG.
  - **Robatsch et al.** (2009): Grundlagen der Verkehrssicherheit. (Hrsg. Georg Hauger, IVS-Schriften, Band 33). Wien: Österreichischer Kunst- und Kulturverlag.
  - **Schmoll H. Dieter** (2000a): Weltseilbahngeschichte Band 1. Eugendorf/Salzburg: Ottmar F. Steidl Verlag Ges.m.b.H.
  - **Schmoll H. Dieter** (2000b): Weltseilbahngeschichte Band 2. Eugendorf/Salzburg: Ottmar F. Steidl Verlag Ges.m.b.H.
  - **Seeber, Anton** (2010): The Renaissance of the Cablecar. Innovative städtische Personentransportsysteme von Leitner Technologies. St. Paulus bei Bozen: Prokopp & Hechensteiner L.P.
  - **SeilbG 2003 (Seilbahngesetz): Bundesgesetz über Seilbahnen** (idF BGBl I Nr. 103/2003)

- **Seilbahn-Nostalgie** (2012), online: Links. Quelle: <http://www.seilbahn-nostalgie.ch/links.html> (Stand: 30.01.2012)
- **Statistik Austria** (2010): Straßenverkehrsunfälle. Jahresergebnisse 2010. Schnellbericht 4.2.
- **The Gondola Project** (2012), online: Portland Aerial Tram. URL: <http://gondolaproject.com/wp-content/uploads/2011/11/WC-portland-aerial-tram.pdf> (Stand: 13.02.2012)
- **Umweltbundesamt** (2012) online: Schadstoffe Flüssiggas. URL: <http://www.probas.umweltbundesamt.de/php/profisuuche.php?&prozessid={21B78920-3E12-4F9B-8B12-4601A6368F8E}&id=1&step=4&op={7A4E8BBD-088D-4362-BBAC-29E56436CFF6}&nace=-1&loc=&ref=&org=&prid=&pageid=1> (Stand: 22.03.2012)
- **UVP 2000** (Umweltverträglichkeitsprüfungsgesetz): Bundesgesetz über die Prüfung der Umweltverträglichkeit (idF BGBl. I Nr. 144/2011)
- **VDV (Hrsg.) (1999)**: Linienbusse: fahrgastfreundlich, wirtschaftlich, schadstoffarm. Düsseldorf: Alba Fachverlag GmbH + Co. KG.
- **Wiener Linien (2008)**, Richtlinie Lichtraum Straßenbahn. Abstände und Abmessungen für Gleisanlagen der Wiener Linien mit Straßenbahnbetrieb, B6-B61-1-008. (Bau- & Anlagenmanagement- Stabstelle Planung und Organisation).
- **Wiener Linien (2009)**, Richtlinie Trassierung Straßenbahn, B6-61-1-0001. (Bau- & Anlagenmanagement- Stabstelle Planung und Organisation).
- **Wiener Linien (2010)**, Betriebsangaben 2010. URL: [http://www.wienerlinien.at/media/files/2011/wl\\_betriebsangaben\\_2010\\_54019.pdf](http://www.wienerlinien.at/media/files/2011/wl_betriebsangaben_2010_54019.pdf) (Stand: 15.03.2012)
- **Wiener Linien (2012a)**, online: U1 Kilometerauskunft. URL: [http://www.wienerlinien.at/media/download/2010/KM\\_U1\\_2904.pdf](http://www.wienerlinien.at/media/download/2010/KM_U1_2904.pdf) (Stand: 13.02.2012)
- **Wiener Linien (2012b)**, online: U4 Kilometerauskunft. URL: [http://www.wienerlinien.at/media/download/2008/KM\\_U4\\_HEI\\_HUE\\_2901.pdf](http://www.wienerlinien.at/media/download/2008/KM_U4_HEI_HUE_2901.pdf) (Stand: 13.02.2012)
- **Wikipedia** (2012) online: Operating costs. URL: [http://en.wikipedia.org/wiki/Portland\\_Aerial\\_Tram#Operating\\_costs](http://en.wikipedia.org/wiki/Portland_Aerial_Tram#Operating_costs) (Stand: 23.04.2012)
- **Wirtschaftsblatt** (2003) online: Leitner AG errichtet Mini-Metro in Italien. URL: <http://www.wirtschaftsblatt.at/archiv/unternehmen/leitner-ag-errichtet-mini-metro-in-italien-82249/index.do> (Stand: 09.05.2012)
- **WKO** (2011): Kollektivvertrag für die Bediensteten der österreichischen Seilbahnen. (Mai 2011).
- **Zug und Eisenbahnblog** (2009), online: „Venedig erhält eine Standseilbahn“. URL: <http://zug-und-eisenbahn.blogspot.com/2009/09/venedig-erhalt-eine-standseilbahn.html> (Stand: 10.01.2012)

## Abbildungsverzeichnis

Abbildung 1: Funktionsprinzip einer Seilschwebebahn im Pendelbetrieb .....	10
Abbildung 2: Funktionsprinzip einer Seilschwebebahn im Umlaufbetrieb .....	11
Abbildung 3: „Herkömmliche Standseilbahn“: San Francisco Cable Car .....	13
Abbildung 4: APM-System: MGM CityCenter Shuttle Las Vegas .....	14
Abbildung 5: Standseilbahnen im Pendelbetrieb .....	15
Abbildung 6: Standseilbahn im Umlaufbetrieb .....	15
Abbildung 7: Chinesische Urseilbahn .....	18
Abbildung 8: Rio de Janeiro, Seilbahn auf den Zuckerhut .....	19
Abbildung 9: Verkehrsmittelwahl je Stadtgröße .....	26
Abbildung 10: Funktionsprinzip Umlaufbahn .....	28
Abbildung 11: Nutzungsmöglichkeiten unterhalb des Fahrwegs .....	30
Abbildung 12: Betriebsarten bei Seilbahnsystemen. ....	31
Abbildung 13: Übliche Linienlängen je nach Seilbahnsystem .....	31
Abbildung 14: Rampenförderung einer Seilschwebebahn .....	33
Abbildung 15: Vernetzungsmöglichkeiten mit anderen ÖV-Systemen .....	34
Abbildung 16: Die Portland Aerial Tram .....	48
Abbildung 17: Stütze der Portland Aerial Tram .....	54
Abbildung 18: Tal- und Bergstation Portland Aerial Tram .....	54
Abbildung 19: Aerial Tramway in Rio de Janeiro .....	60
Abbildung 20: Zwischenstationen mit öffentlichen Einrichtungen .....	67
Abbildung 21: Aerial Tramway in Rio de Janeiro. ....	68
Abbildung 22: CLS Tronchetto – Piazzale Roma, Venedig .....	71
Abbildung 23: Trasse des CLS Venedig .....	73
Abbildung 24: Infrastruktur Venedig .....	78
Abbildung 25: Straßenbahn „ULF“ und Standardbus .....	80
Abbildung 26: Leistungsfähigkeit verschiedener Verkehrsmittel .....	82
Abbildung 27: Investitionskosten unterschiedlicher Verkehrsmittel .....	95
Abbildung 28: Jährliche Betriebskosten je Verkehrsmittel und Sitzplatz .....	96

## Tabellenverzeichnis

Tabelle 1: Unterschiedliche Typen von Umlaufbahnen. ....	12
Tabelle 2: Standseilbahnen im Pendelbetrieb nach Infrastruktur .....	15
Tabelle 3: Seilschwebebahnen .....	23
Tabelle 4: Standseilbahnen .....	24
Tabelle 5: Herstellerfirmen von Liftprojekten weltweit .....	24
Tabelle 6: Stadtgrößen und ÖV-Mittel .....	27
Tabelle 7: Hauptseilbahnsysteme im ÖPNV-Einsatz .....	45

Tabelle 8: Standardkosten einer Pendelbahn mit 1km Länge .....	51
Tabelle 9: Jährliche Betriebskosten von Seilschwebbahnen im Pendelbetrieb.....	53
Tabelle 10: CO2-Emissionen bei der Stromerzeugung .....	53
Tabelle 11: Bodenverbrauch bei Pendelbahnen.....	55
Tabelle 12: Investitionskosten von Einseilumlaufbahnen .....	63
Tabelle 13: Jährliche Betriebskosten von Einseilumlaufbahnen.....	65
Tabelle 14: Schadstoffemissionen bei Stromerzeugung .....	66
Tabelle 15: Bodenverbrauch bei Einseilumlaufbahnen .....	67
Tabelle 16: Praxisbeispiele von Standseilbahnen und deren Baukosten .....	74
Tabelle 17: Jährliche Betriebskosten von Standseilbahnen .....	75
Tabelle 18: CO2 bei Stromerzeugung .....	76
Tabelle 19: Straßenverkehrsunfälle mit Personenschaden in Wien 2010 .....	82
Tabelle 20: UPS im öffentlichen Verkehr nach Beteiligung .....	83
Tabelle 21: Systemkosten für Bus und Straßenbahn. ....	84
Tabelle 22: Energiekosten Bus und Straßenbahn .....	85
Tabelle 23: Jahresfahrleistung eines Linienbusses bzw. einer Straßenbahn.....	85
Tabelle 24: Betriebskosten Bus und Straßenbahn .....	86
Tabelle 25: Energiebedarf in MWh pro Jahr und Verkehrsmittel .....	86
Tabelle 26: CO2-Emissionen bei der Energieerzeugung je Verkehrsmittel .....	87
Tabelle 27: Der spezifische Bodenverbrauch nach Verkehrsmittel .....	87
Tabelle 28: Vergleich der unterschiedlichen Systeme anhand der Aspekte und Indikatoren	91