



DIPLOMARBEIT Master Thesis

Intermodale Verkehrsknoten mit Seilbahnsystemen im ÖPNV

ausgeführt zum Zwecke der Erlangung des akademischen Grades
eines Diplom-Ingenieurs

unter der Leitung von

Univ. Prof. Dipl.-Ing. Dr.techn. Norbert Ostermann

E230

Institut für Verkehrswissenschaften

eingereicht an der Technischen Universität Wien
Fakultät für Bauingenieurwesen

von

Josef Alexander Dorn, BSc.

0725569

Oberer Kreutberg 15
7082 Donnerskirchen

Wien, am 10.10.2016

Danksagung

Zuerst möchte ich mich bei Herrn Univ. Ass. Dipl.-Ing. Johannes Kehrer und Herrn Univ. Prof. Dipl.-Ing. Dr.techn. Norbert Ostermann für die zielführende wissenschaftliche Betreuung der Diplomarbeit sowie für die hilfreichen Anregungen und die konstruktive Kritik bedanken.

Besonderer Dank gilt auch der Firma *Doppelmayr Cable Car* für das Bereitstellen wertvoller Informationen und Unterlagen, ohne die eine Bearbeitung des Themas in diesem Umfang nicht möglich gewesen wäre. Im Speziellen danke ich Herrn Dipl.-Ing. Dr.techn. Johannes Fiedler, der mir von Anfang an mit fachlichem Rat zur Seite stand und sich während des gesamten Bearbeitungszeitraums Zeit genommen hat meine Fragen ausführlich zu beantworten.

Weiters danke ich dem österreichischen Konsulat in Medellín und der österreichischen Botschaft in Caracas für die Hilfe beim Herstellen des Kontakts zu *Metro de Medellín* und *F&S Consulting*. Bei *Metro de Medellín* sei im Speziellen Frau María Adelaida Russi Gaviria gedankt, welche mir zahlreiche Fotos der Anlagen in Medellín übermittelt hat und all meine Fragen dazu freundlich beantwortet hat. Bei *F&S Consulting* danke ich den Herren Martin Schoffel, Blas Brando und im Speziellen Michel Zeitoune, der zur Unterstützung meiner Arbeit eine umfangreiche Fotodokumentation mit begleitendem Text erstellt hat und ebenfalls alle meine darauffolgenden Fragen beantwortet hat.

Der *ÖBB Infrastruktur AG* sowie dem Architekturbüro *Zechner & Zechner* danke ich herzlich für die Bereitstellung der Pläne des Verkehrsknoten Graz Don Bosco.

An dieser Stelle möchte ich auch meiner Freundin Stefanie danken, die mich während dem Entstehen der Arbeit stets unterstützt und motiviert hat. Mit anhaltendem Interesse, Geduld und Genauigkeit war sie mir eine große Hilfe beim wiederholten Korrekturlesen der Diplomarbeit.

Abschließend danke ich allen, die mich während meinem Studium begleitet und unterstützt haben. Im Speziellen möchte ich dabei Freunde, Familie und Arbeitgeber nennen.

Kurzfassung

Während der Großteil aller Personenseilbahnen weltweit dem Tourismus- und Freizeitsektor dienen, werden seit Ende des 20. Jahrhunderts auch vermehrt Anlagen als öffentliche Verkehrsmittel im städtischen Raum in Betrieb genommen. Unter anderem hat der Erfolg einiger Seilbahnprojekte in Lateinamerika während der letzten Jahre dazu beigetragen, auf die Stärken und Potentiale von Seilbahnsystemen im urbanen Raum aufmerksam zu machen.

Die Gestaltung und Ausstattung von Seilbahnstationen muss im urbanen Einsatz den Fahrgastanforderungen des ÖPNV gerecht werden. Im Gegensatz zu Haltestellen von U-Bahn, S-Bahn, Straßenbahn oder Bus, liegt zu urbanen Seilbahnen wesentlich weniger Fachliteratur vor. Eine Anwendung der Richtlinien anderer Verkehrsmittel erscheint aufgrund unterschiedlicher Systemeigenschaften nicht immer zweckmäßig. Seilbahnen eignen sich auch zur Netzbildung und als Zubringer oder Verlängerung anderer Verkehrsmittel, d.h. zur Bildung intermodaler Knoten. Diese Arbeit behandelt die Herausforderungen und Einschränkungen, die bei der Planung intermodaler Seilbahnknoten auftreten. Besondere Beachtung wird dabei der nachträglichen Integration einer Seilbahnlinie in einen bestehenden Verkehrsknoten geschenkt. Vorweg wird eine Einleitung in die Thematik gegeben. Dabei werden vier Forschungsfragen formuliert und der Aufbau der Arbeit vorgestellt. Im Anschluss werden die wichtigsten Seilbahnsysteme erklärt und ein Abriss über die Geschichte urbaner Seilbahnen gegeben. Durch die Untersuchung von Fachliteratur, Regelwerken und Richtlinien werden die bekannten Anforderungen an Haltestellen und Umsteigeknoten verschiedener Verkehrsmittel zusammengefasst. Dabei werden die Unterschiede und Gemeinsamkeiten beleuchtet und es wird erörtert, welche Empfehlungen sich auch für andere Verkehrsmittel anwenden lassen. Ergänzend werden bestehende intermodale Verkehrsknoten, in denen U- oder S-Bahn und Seilbahn aufeinandertreffen, untersucht. Es wird gezeigt, ob und wie die Anforderungen in der Praxis umgesetzt und wie standortbedingte Einschränkungen berücksichtigt werden. Aufbauend auf diesen Erkenntnissen wird der konzeptionelle Entwurf für einen fiktiven intermodalen Seilbahnknoten ausgearbeitet. Anhand dieses Planungsbeispiels wird gezeigt, wie die Integration einer Seilbahnlinie in einen bestehenden Verkehrsknoten mit konkreten standortbedingten Einschränkungen umgesetzt werden kann.

Mithilfe der o.a. Methoden (*Literaturrecherche, Betrachtung bestehender Situationen und Bearbeitung des Planungsprojekts*) können Antworten zu den eingangs gestellten Forschungsfragen formuliert werden. Es werden allgemein gültige Planungsregeln und -empfehlungen dargelegt. Bei der Stations- und Knotengestaltung können zahlreiche Maßnahmen dazu beitragen die Akzeptanz der Seilbahn als Verkehrsmittel im ÖPNV zu fördern. Standortbedingte Einschränkungen erlauben jedoch keine pauschale Anwendung der Maßnahmen, somit sind bei bestehenden Verkehrsknoten meist individuelle Lösungen und Kompromisse erforderlich.

Abstract

The majority of all passenger ropeways worldwide are used for leisure and tourism sectors. However, since the end of the 20th century, the number of public transport installations in urban environments has been increasing. During the last couple years, the successful implementation of ropeway systems in Latin America has highlighted the advantages and capabilities offered by cable cars in urban settings.

Urban ropeway stations must be adapted to meet the design and equipment standards for public transportation. Unlike subway, light-rail, tram or bus systems, there are very few standards available for urban ropeways. Due to different system characteristics, it is not always practical to apply design norms common to other means of transport. Ropeway systems allow both the formation of transport networks and the creation of intermodal hubs, where they function as a feeder service or service extension to other transport lines.

This thesis explores the challenges and limitations in the planning process of intermodal ropeway junctions. In particular, it examines the subsequent integration of cable lines into existing transport hubs. At the outset, four research questions are defined and the structure of the thesis is explained. Following this, a description of the main ropeway systems and a brief overview of urban ropeway history is given.

The known requirements of station and junction design for different transport systems are summarized in a literature review of academic material and industrial standards and regulations. Differences and similarities are highlighted and the applicability of the named recommendations to other means of transport is discussed. Afterwards, real life examples of intermodal hubs, where subway or light-rail and cable car meet, are examined. It is discussed whether and how the requirements have been satisfied and how site-related limitations have been taken into account. With this knowledge, the conceptual design of an intermodal ropeway junction as part of a fictional project is drafted. Based on this design example it is demonstrated how the integration of a ropeway line can be achieved within an existing transport hub and with respect to site-related constraints.

Using these methods (*literature review, study of examples and draft of a design project*), answers to the initial research questions can be formulated and conclusions and recommendations on general planning standards are introduced to the reader. Numerous measures within station and junction design can facilitate a better acceptance of ropeway systems as a means of public transport in urban environments. However, site-related limitations do not allow a generalised application of these measures. Consequently, individual solutions and compromises are often required at existing transport hubs.

Glossar

Gendergerechte Sprache	In der vorliegenden Arbeit wird weitestgehend auf die Verwendung gendergerechter Sprache geachtet. Trotzdem wird bei einigen Fachbegriffen auf die Verwendung männlicher und weiblicher Sprachformen verzichtet, um die bestmögliche Verständlichkeit zu gewähren. Sämtliche Personenbezeichnungen gelten gleichermaßen für alle Geschlechter.
Seilbahn	Es ist zwischen Seilschwebbahnen (auch Schwebbahnen oder Luftseilbahnen genannt) und Standseilbahnen bzw. Automated People Movern sowie Anlagen im Pendel- oder Umlaufbetrieb zu unterscheiden. Diese Arbeit beschäftigt sich vorwiegend mit Seilschwebbahnen im Umlaufbetrieb. Besonders in den fortschreitenden Kapiteln wird die Bauart nicht immer genannt. Unter dem Begriff „Seilbahn“ werden dann Schwebbahnen im Umlaufbetrieb verstanden.
EUB / MGD	Einseilumlaufbahn / Monocable Gondola Detachable.
2S-Bahn / BGD	Zweiseilumlaufbahn / Bicable Gondola Detachable.
3S-Bahn / TGD	Dreiseilumlaufbahn / Tricable Gondola Detachable.
ATW	Pendelbahn (engl.: Aerial Tramway)
Seilfeld	Bereich zwischen zwei aufeinanderfolgenden Seilbahnstützen
Seilscheiben	Scheiben zur Seilumlenkung in Seilbahnstationen. Übertragen Zugspannung und Antriebskraft auf das Seil.
ÖV	Öffentlicher Verkehr.
ÖPNV	Öffentlicher Personennahverkehr.
MIV	Motorisierter Individualverkehr.
Modal Split	Verteilung der zurückgelegten Wege auf verschiedene Verkehrsmittel.
LoS	Level of Service, dt.: Verkehrsqualitätsstufen. System zur Bemessung von Verkehrsflächen.
TSI	Technische Spezifikationen für Interoperabilität. Europäische Planungsrichtlinien zur Vereinfachung von grenzübergreifendem Schienenverkehr.
SOK	Schienenoberkante, häufig als Referenzhöhe verwendet. (Zum Beispiel: Bahnsteighöhe 55 cm über SOK)
Tube	Bezeichnung für U-Bahn in London.
DLR	Docklands Light Railway, Schnellbahnnetz in den östlichen Hafengebiete von London.
Metro	Bezeichnung für U-Bahn in Medellín und Caracas.
Tram	Straßenbahn.
Mi Teleférico	Seilbahnnetz in La Paz.

Inhalt

1.	Einleitung: Seilbahnen im ÖPNV	6
2.	Das System Seilbahn	10
2.1.	Grundlagen	10
2.2.	Bauarten.....	11
3.	Historische Entwicklung urbaner Seilbahnen	16
4.	Aktuelle Beispiele für Seilbahnen im ÖPNV-Netz.....	19
4.1.	Medellín Metrocable	19
4.2.	Caracas Metrocable	20
4.3.	Emirates Air Line, London	21
4.4.	Mi Teleférico, La Paz.....	22
5.	Umsteigeknoten im ÖPNV.....	24
5.1.	Grundlegende Anforderungen an Umsteigeknoten	24
5.2.	Anforderungen an U- und S-Bahnstationen	30
5.3.	Anforderungen an Bus- und Straßenbahnstationen	32
5.4.	Anforderungen an Seilbahnstationen im ÖPNV	36
5.5.	Zusammenfassung und Vergleich	40
5.6.	Kombination kontinuierlich und nicht kontinuierlich fördernder Verkehrsmittel	43
6.	Der intermodale Verkehrsknoten mit Seilbahnsystemen im Idealfall	45
7.	Bestehende intermodale Verkehrsknoten mit Seilbahnsystemen.....	50
7.1.	Medellín.....	50
7.2.	Caracas.....	55
7.3.	London	62
8.	Fiktives Planungsprojekt.....	66
8.1.	Ortsbeschreibung	67
8.2.	Annahmen zur Seilbahnlinie.....	67
8.3.	Bestehende Situation S-Bahn Knoten	69
8.4.	Platzbedarf für Seilbahnstation und Garagierung.....	71
8.5.	Räumliche Varianten der Knotengestaltung	72
8.6.	Entwurf der Seilbahnstation	75
9.	Schlussfolgerungen.....	84
9.1.	Beantwortung der Forschungsfragen	84
9.2.	Weitere Fragestellungen	86
10.	Literaturverzeichnis.....	88
	Anhang A: Grundriss L0 (Straßenebene)	94
	Anhang B: Grundriss L1 (Bahnebene).....	95
	Anhang C: Grundriss L2 (Seilbahnebene).....	96
	Anhang D: Ansicht West.....	97
	Anhang E: Schnitt 1-1	98