



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

1. Einleitung: Seilbahnen im ÖPNV

Während im 20. Jahrhundert zunehmend MIV, Bus, Straßen- und U-Bahn den Stadtverkehr eroberten, wurden Seilbahnen hauptsächlich zur Erschließung von Bergen eingesetzt. Mit der wachsenden Popularität des Alpentourismus und Wintersports kam es zu einer rasanten Entwicklung auf dem Gebiet der Seilbahntechnik.

Nach wenigen frühen Ausnahmeprojekten wurde um die Jahrtausendwende begonnen verstärkt über den Einsatz von Seilbahnen im ÖPNV nachzudenken. Heute verfügbare Seilbahnsysteme haben eine Leistungsfähigkeit von bis zu 6000 Personen pro Stunde und Richtung.¹ Ideale Linienlängen liegen bei bis zu 7 km. Sie eignen sich damit als Alternative zu Bus- oder Tramlinien, nicht jedoch zu U- oder S-Bahnen, welche üblicherweise größere Linienlängen und höhere Kapazitäten aufweisen.²

Anhand von Untersuchungen und Vorzeigeprojekten der letzten Jahre konnten wesentliche Vorteile von Seilbahnen (speziell Seilschwebbahnen) im Vergleich zu anderen ÖPNV-Systemen in der Stadt erkannt werden:

- Unabhängige Fahrtrasse und –ebene
- Umweltfreundlichkeit
- Rasche und einfache Herstellung
- Zuverlässigkeit und Flexibilität im Betrieb
- Hohes Sicherheitsniveau
- Wirtschaftlichkeit

Das System Seilbahn ermöglicht die direkte Verbindung von zwei Punkten, unabhängig von Topographie und Stadtgrundriss. Der Fahrweg weist keine Berührungen mit dem Verkehr in der Straßenebene auf. Diese Eigenschaften ermöglichen einen Fahrzeit-, Zuverlässigkeits- und Sicherheitsvorteil gegenüber Bus- und Straßenbahn. Bauliche Hindernisse, Berge, Flüsse und Schluchten können ohne aufwendige Kunstbauten, wie sie Straße oder Bahn erfordern, überwunden werden.³

Moderne Seilbahnen zeichnen sich dank zentralem Antrieb und Energierückgewinnung im Gegensatz zu selbstfahrenden Einheiten durch eine höhere Energieeffizienz aus.⁴ Der Antrieb erfolgt elektrisch, wodurch vor Ort keine Schadstoffemissionen wie Feinstaub, CO₂ oder NO_x entstehen. Außerhalb der Stationen treten nur geringe Lärmemissionen auf. Die Flächenversiegelung und Trennwirkung der Infrastruktur von Seilbahnen sind geringer als jene von Verkehrssystemen auf Bodenniveau. Entgegenfahrende Fahrzeuge auf der selben Seilschleife können die Wirkung von Wind- und Gefällewiderstand verringern. Durch hochwertiges Design der baulichen Anlagen kann eine negative Beeinträchtigung des Landschaftsbildes kompensiert werden und die Stationen und Stützen können möglichst unauffällig in den Stadtraum eingegliedert werden.^{5 6}

¹ Vgl. Dale et al., 2013, S. 21.

² Vgl. Monheim et al., 2010, S. 32.

³ Vgl. Monheim et al., 2010, S. 20-21, 41.

⁴ Vgl. Seeber, 2010, S. 90.

⁵ Vgl. Tobias, 2016, S. 4.

⁶ Vgl. Monheim et al., 2010, S. 21, 28, 40, 75.

Luftseilbahnen erlauben kürzere Bauzeiten und geringere Investitionskosten als Adhäsionsbahnen. Seilbahnsysteme zeichnen sich durch gute Rückbau- sowie Erweiterungsmöglichkeiten aus. Wie bei anderen ÖPNV-Systemen ist auch die Bildung von Verkehrsnetzen und Umsteigeknoten möglich.⁷

Seilbahnen zeichnen sich aufgrund ihrer Unabhängigkeit von anderen Verkehrsträgern und ihres hohen Automatisierungsgrads als besonders zuverlässig aus.⁸ Es sind Systeme für den Betrieb bei hohen Windgeschwindigkeiten sowie für automatischen bzw. fahrerlosen Betrieb verfügbar. Umlaufbahnen ermöglichen eine dichte Fahrzeugfolge und kurze Wartezeiten. Transportkapazität und Energieverbrauch können durch die Fahrgeschwindigkeit angepasst werden. Bei kuppelbaren Systemen kann zudem die Fahrzeuganzahl während dem Betrieb verändert werden, was in der Praxis einer Geschwindigkeitsanpassung vorgezogen wird.^{9 10}

Der Begriff Sicherheit beschreibt einerseits die Verkehrssicherheit (*Safety*) und andererseits die soziale Sicherheit (*Security*).¹¹ Für Seilbahnen gelten hohe Sicherheitsstandards und Kontrollvorgaben. Jede Anlage verfügt über ein individuelles Bergungskonzept und ist mit einem Notantrieb und verschiedenen Bremssystemen ausgestattet.¹² Seilbahnen gelten als eines der sichersten Verkehrsmittel. Dies ist im Vergleich zu anderen Transportsystemen durch geringe Unfallzahlen und Zahlen über Verletzte und Getötete belegt, auch wenn einzelne Unfallereignisse für große Aufmerksamkeit sorgen können.¹³

Seilbahngondeln bieten meist Platz für 8 bis 35 Personen, aufgeteilt auf Steh- und Sitzplätze. Die Sitzplatzreihen sind in der Regel zueinander angeordnet, wodurch es nur schwer zu einem unbemerkten Taschendiebstahl oder einer unerwünschten Berührung kommen kann. Die Kabinen sind mit einer Notrufeinrichtung ausgestattet, womit sich ein Kontakt zur nächsten Station herstellen lässt. Bei Umlaufbahnen kann, wenn ein Gefühl von Unbehaglichkeit eintritt, in jeder Station die Kabine gewechselt werden, ohne dass viel Zeit verloren geht.¹⁴

Durch den geringen Bodenbedarf von Seilbahnen können - im Vergleich zu Straße oder Bahn - Kosten für Grundstückserwerb und Rückbau bestehender Gebäude reduziert werden. Zwischen den Stützen besteht der Fahrweg im Wesentlichen aus einem oder mehreren Seilen, wodurch sich ein klarer Kostenvorteil gegenüber dem aufwendigeren Straßen- und Schienenerwerb ergibt. Zu den Betriebskosten von Seilbahnen zählen Personal-, Energie- und Wartungskosten, wobei der geringe Personalbedarf und die hohe Energieeffizienz von modernen Anlagen als günstige Faktoren zu nennen sind.¹⁵ Für die wirtschaftliche Beurteilung von Verkehrsmitteln werden zusätzlich externe Kosten sowie Zeitkosten herangezogen. Zu externen Kosten zählen Kosten, die durch Schadstoffemissionen, Lärm- und Erschütterungen während der Bauzeit und im Betrieb entstehen. Die Berechnung von Zeitkosten erlaubt die Berücksichtigung wirtschaftlicher Vorteile von Fahrzeitverkürzungen für die Verkehrsteilnehmer. Ein Vergleich der Gesamtkosten von Bus, Straßenbahnen

⁷ Vgl. Monheim et al., 2010, S. 21, 33-34.

⁸ Vgl. Ostermann, 2016, S. 2.

⁹ Vgl. Fiedler, 2016c.

¹⁰ Vgl. Monheim et al., 2010, S. 27, 33.

¹¹ Vgl. Reutter, 2016, S. 6-7.

¹² Vgl. Dale et al., 2013, S. 27-28.

¹³ Vgl. Ostermann, 2016, S. 2.

¹⁴ Vgl. Heinrichs et al., 2014, S. 65.

¹⁵ Vgl. Monheim et al., 2010, S. 21.

und Seilbahnen zeigt, dass Seilbahnen in der Regel am kostengünstigsten sind. Bei Strecken mit geringer Transportkapazität (weniger als 1.500 P/h) kann ein Bussystem im Kostenvorteil sein, jedoch nur sofern ein Straßennetz in ausreichender Qualität bereits vorhanden ist.¹⁶

Durch die Erkenntnis dieser Vorteile stieg die Nachfrage nach urbanen Seilbahnen weltweit. Zahlreiche Systeme befinden sich derzeit in Planung oder im Bau.¹⁷

Im Vergleich zu rein touristischen Anlagen, bei welchen auf mehr als 100 Jahre Erfahrung zurückgegriffen werden kann, haben urbane Seilbahnanlagen veränderte Rahmenbedingungen. Das betrifft unter anderem die verkehrliche Funktion, Betriebszeiten, Ausstattungsstandards und die Gestaltung der Stationen, welche den Fahrgastansprüchen des ÖPNV gerecht werden müssen. Grundlegende Planungsregeln finden sich in Seilbahnnormen (z.B. ÖNORM EN 12929), welche sich jedoch größtenteils auf Anlagen für den Wintersport beziehen. Aufgrund der überschaubaren Anzahl moderner urbaner Seilbahnen kann auf weniger Praxiserfahrungen zurückgegriffen werden als bei Stationen anderer ÖPNV-Systeme. Intermodale Knoten als Verknüpfung des Systems Seilbahn mit einem anderen fahrweggebundenen ÖPNV-System sind besonders selten, obwohl sich Seilbahnen als Verlängerung, Zubringer, Verteiler oder Lückenschluss im hochrangigen ÖPNV-Netz eignen.¹⁸ Es ist zu erwarten, dass zukünftig vermehrt intermodale Seilbahnknoten entstehen werden, weshalb solche Situationen zur Untersuchung in der vorliegenden Diplomarbeit ausgewählt wurden.

Die Implementierung einer Seilbahnstation in eine bestehende Bahnstation stellt eine Herausforderung dar. Bei Knoten mit Umlaufbahnen ist die Verbindung eines kontinuierlich und eines nicht kontinuierlich fördernden Verkehrsmittels eine zusätzliche Rahmenbedingung, welche eine genaue Betrachtung der Passagierströme erforderlich macht. Aufgrund dieser Überlegungen wurden die folgenden Forschungsfragen für die vorliegende Arbeit formuliert:

- Was sind die generellen Anforderungen an einen Umsteigeknoten und welche zusätzlichen Anforderungen ergeben sich durch das System Seilbahn?
- Welchen Einfluss hat die Kombination eines kontinuierlich und eines nicht kontinuierlich fördernden Verkehrsmittels und wie kann diesem Rechnung getragen werden?
- Können allgemein gültige Regeln zur Beachtung dieser Anforderungen für Knoten in denen U-/S-Bahn und Seilbahn aufeinandertreffen erarbeitet werden?
- Wie verändern sich diese Anforderungen bei der Konzeption einer Station als Knoten mit einer bestehenden U-/S-Bahn Station im städtischen Raum?

Für die Beantwortung dieser Forschungsfragen werden zu Beginn, in Kapitel 2, die Grundlagen des Systems Seilbahn erklärt und die für den Einsatz im urbanen Raum wichtigen Bauarten von Seilschwebbahnen vorgestellt.

Anschließend wird in Kapitel 3 ein Überblick über die historische Entwicklung von urbanen Seilbahnen gegeben.

¹⁶ Vgl. Kummer, 2016, S. 5-8.

¹⁷ Vgl. Dale et al., 2013, S. 7.

¹⁸ Vgl. Monheim et al., 2010, S. 67.

In Kapitel 4 werden ausgewählte bestehende urbane Seilbahnsysteme vorgestellt. Gewählt werden jüngste Projekte, welche als Teil eines städtischen ÖPNV-Netzes gelten. Es werden dabei örtliche Besonderheiten und Umsteigerelationen zu anderen Verkehrsmitteln identifiziert. Die vorgestellten Systeme befinden sich in Medellín, Caracas, London und La Paz.

In Kapitel 5 werden die Anforderungen an Ausstattung und Dimensionierung von Umsteigeknoten und Haltestellen des ÖPNV beschrieben. Neben allgemeinen Anforderungen werden nacheinander die systemspezifischen Anforderungen von U- und S-Bahn, Straßenbahn und Bus sowie Seilbahn vorgestellt. Abschließend werden die gewonnenen Erkenntnisse über die Stationsanforderungen zusammengefasst und verglichen, sodass ihre Gültigkeit für die verschiedenen Systeme ersichtlich wird. Außerdem werden die Auswirkungen von Passagierströmen zwischen kontinuierlich und nicht kontinuierlich fördernden Verkehrsmitteln diskutiert. Es wird auf mögliche Probleme eingegangen und dargelegt, wie mit diesen umgegangen werden kann.

In Kapitel 6 werden auf Basis der gewonnenen Erkenntnisse aus Kapitel 5 Empfehlungen für die Planung eines intermodalen Verkehrsknotens mit U-/S-Bahn und Seilbahn gegeben. Dabei werden die bestmöglichen Lösungsansätze in einem idealen Modell ohne spezielle Einschränkungen durch die Umgebung vorgestellt.

Kapitel 7 untersucht wie den zuvor erarbeiteten Anforderungen an bestehenden Situationen Rechnung getragen wurde. Es wurden dazu sechs Umsteigeknoten aus den ÖPNV-Netzen von Medellín, Caracas und London untersucht.

Kapitel 8 umfasst schließlich ein fiktives Planungsprojekt an dem aufgezeigt wird, wie die nachträgliche Integration einer Seilbahnstation in einen U- oder S-Bahnknoten im urbanen Raum ausgeführt werden kann. Als Standort dient der Nahverkehrsknoten *Graz Don Bosco*. Nach Vorstellung des Standorts wird ein Überblick über die Ist-Situation des Verkehrsknotens gegeben und es werden die grundlegenden Annahmen bezüglich der neuen Seilbahnlinie getroffen. Anschließend werden verschiedene räumliche Varianten zur Herstellung der Seilbahnstation vorgestellt. In einem Variantenvergleich wird die geeignetste Option zur weiteren Planung gewählt. Im Zuge der weiteren Planungsschritte werden Stationspläne erstellt. Begleitend dazu wird eine detaillierte Beschreibung angefertigt. Neben den Plänen wird auch ein Informations- und Wegleitsystem beschrieben und eine Leistungsberechnung für die maßgebenden Zugangswege durchgeführt.

Rückwirkend ergänzen Erkenntnisse aus den Recherchen für Kapitel 7 und der Planung in Kapitel 8 auch die Planungsempfehlungen in Kapitel 6.

Abschließend werden in Kapitel 9 die gewonnenen Erkenntnisse zusammengefasst. Es wird dargelegt wie die anfangs formulierten Forschungsfragen im Zuge der Arbeit beantwortet werden konnten. Außerdem werden die während der Erstellung der Arbeit aufgeworfenen weiterführenden Fragestellungen zusammengefasst. Dabei werden bestehende technische Einschränkungen von urbanen Seilbahnsystemen, sowie mögliche zukünftige Entwicklungen dargelegt.

2. Das System Seilbahn

2.1. Grundlagen

Seilbahnen sind spurgebundene Verkehrsmittel für den Transport von Personen oder Lasten in antriebslosen Fahrzeugen, welche von Stahlseilen gezogen werden. Die Fahrzeuge bewegen sich zwischen zwei oder mehr Stationen. Der Antrieb des Seils erfolgt zentral in einer der Stationen. Die Spurführung kann entweder durch einen starren Fahrweg aus Stahl oder Beton oder durch Stahlseile gegeben sein. Es wird demnach zwischen Standseilbahnen und Seilschwebbahnen unterschieden.

Standseilbahnen können in Boden-, Hoch- oder Tieflage errichtet werden. Die Anforderungen an Trassierung und Kunstbauten sowie der Bodenverbrauch sind ähnlich wie bei anderen Bahnsystemen. Es ist jedoch auch die Bewältigung von großen Steigungen möglich.

Der Fahrweg von Seilschwebbahnen besteht aus Stahlseilen, welche zwischen den Stationen, meist über mehrere Stützen hinweg, gespannt sind. Durch große Stützenabstände und flexible Stützenhöhen weist die Seilschwebbahn eine geringe Abhängigkeit vom Gelände sowie einen geringen Bodenverbrauch auf. Richtungsänderungen können in der Regel nur durch Zwischenstation realisiert werden, da umgelenkte Seile, je nach System, nur eingeschränkt oder gar nicht befahren werden können. Es wird zwischen Trageseilen, welche die Fahrspur bilden und Zugseilen, welche die Fahrzeuge bewegen, unterschieden. Seile, welche beide Aufgaben erfüllen, werden Förderseile genannt.

Die Fahrzeuge von Seilbahnen können fix mit dem Zug- oder Förderseil verbunden sein (festgeklemmte Seilbahn) oder in den Stationen vom Seil getrennt werden (kuppelbare Seilbahn). Kuppelbare Seilbahnen ermöglichen eine verlangsamte Stationsdurchfahrt für die vom Seil getrennten Fahrzeuge, während die Geschwindigkeit der restlichen Fahrzeuge zwischen den Stationen gleich bleibt. Das Aus- und Einsteigen erfolgt in der Regel während der verlangsamten Stationsdurchfahrt.

Seilbahnen im Pendelbetrieb kommen in der Station zum Stillstand. Die Weiterfahrt erfolgt in die entgegengesetzte Fahrtrichtung, d.h. das antreibende Seil ändert seine Laufrichtung. Pendelbahnen haben meist nur zwei Kabinen und gelten als das älteste Seilbahnsystem. Seilbahnen im Umlaufbetrieb ändern die Fahrtrichtung nicht. Die Fahrzeuge werden durch die Station geführt, wodurch ein kontinuierlicher Betrieb möglich ist. Umlaufbahnen führen im Gegensatz zu Pendelbahnen viele kleinere Kabinen nacheinander.

In den Stationen wird das Zug- oder Förderseil auf sogenannten Seilscheiben umgelenkt. Neben dem Seilbahnantrieb wird auch eine Einrichtung zur Seilspannung benötigt. Diese kann sich in der selben oder in einer anderen Station als der Antrieb befinden.

Für längere Anlagen mit Zwischenstationen werden meist Umlaufbahnen gewählt. Solche Systeme bestehen aus mehreren Sektionen wobei die Seile nicht durchgehend sondern jeweils zwischen zwei Stationen gespannt sind. Strenggenommen handelt es sich dabei um eine aufeinanderfolgende Anordnung mehrerer Seilbahnen, wobei die Fahrzeuge von den Seilen abgekoppelt durch die Zwischenstationen geführt werden.

2.2. Bauarten

Die vorliegende Arbeit beschäftigt sich im Speziellen mit Seilschwebbahnen für den Personentransport im urbanen Raum. Nachfolgend werden die dafür geeigneten Systeme vorgestellt. Auf eine genauere Betrachtung von Standseilbahnen wird verzichtet.

Einseilumlaufbahn (EUB / MGD)

Die Einseilumlaufbahn (engl.: Monocable Gondola Detachable) verfügt über ein Förderseil für Spurführung und Antrieb. Die Kabinen fahren im Umlaufbetrieb und sind kuppelbar. In den Stationen werden die Fahrzeuge vom Seil getrennt, abgebremst, mit geringer Geschwindigkeit durch die Station bewegt, schließlich wieder beschleunigt und auf das Seil geklemmt. (Abbildung 2.1 und Abbildung 2.2)

Einseilumlaufbahnen stellen im urbanen Raum die bisher am häufigsten eingesetzte Bauart dar und gelten als das preisgünstigste und zuverlässigste System.¹⁹

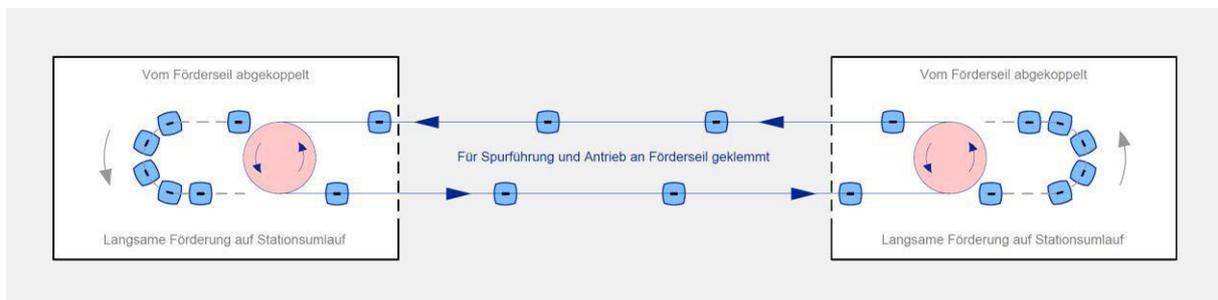


Abbildung 2.1: Funktionsprinzip Einseilumlaufbahn (Eigene Darstellung, Quelle: Dale et al., 2013, S.15)



Abbildung 2.2: Einseilumlaufbahn, La Paz (Quelle: Doppelmayr, 2016a.)

Zweiseilumlaufbahn (2S-Bahn / BGD)

Die Kabinen von Zweiseilumlaufbahnen (engl.: Bicable Gondola Detachable) fahren auf einem Tragseil und werden von einem umlaufenden Zugseil gezogen. Wie bei der EUB erfolgt die Stationsdurchfahrt bei geringer Geschwindigkeit. Dazu werden die Fahrzeuge vom Zugseil getrennt. Der Fahrweg geht bei Stationseinfahrt vom Tragseil in ein Leitwerk über. (Abbildung 2.3 und Abbildung 2.4)

Dank dem Einsatz eines zweiten Seils bietet die 2S-Bahn gegenüber der Einseilumlaufbahn Vorteile bei Windstabilität, Seilfeldlänge und Fahrgeschwindigkeit. Durch die laufende Weiterentwicklung von Einseilumlaufbahnen wurde die

¹⁹ Vgl. Dale et al., 2013, S. 15.

Überlegenheit der 2S-Bahn jedoch geringer und der Einsatz von 2S-Bahnen verlor an Bedeutung.²⁰

Dreiseilumlaufbahn (3S-Bahn / TGD)

Die Dreiseilumlaufbahn (engl.: Tricable Gondola Detachable) unterscheidet sich zur Zweiseilumlaufbahn durch die Anordnung von zwei Tragseilen und einem Zugseil. Charakteristisch für die 3S-Bahn sind größere Fahrzeugabstände und -abmessungen. (Abbildung 2.3 und Abbildung 2.5)

Die 3S-Bahn ist das technologisch fortschrittlichste Seilbahnsystem und übertrifft die anderen Bauarten in Leistungsfähigkeit, Fahrgeschwindigkeit, Seilfeldlänge und Windstabilität. Sie ist heute von besonderem Interesse für Forschung und Entwicklung. Im Vergleich zu Einseilumlaufbahnen ist die 3S-Technologie wesentlich kostenintensiver und erfordert aufgrund größerer Fahrzeugabmessungen, höherer Fahrgeschwindigkeit und aufwendigerer Seilbahntechnik größere Stationen.²¹

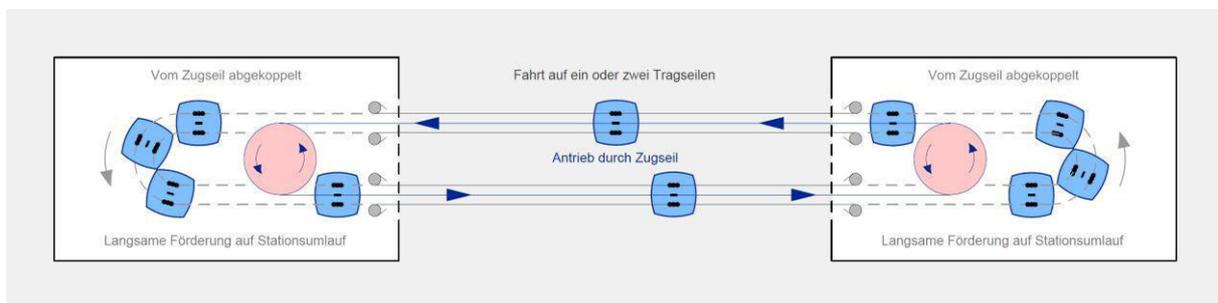


Abbildung 2.3: Funktionsprinzip Zweiseil- und Dreiseilumlaufbahn (2S- und 3S-Bahn)
(Eigene Darstellung, Quelle: Dale et al., 2013, S.17)



Abbildung 2.4: Zweiseilumlaufbahn, Hong Kong
(Quelle: Ngong Ping 360 Cable Car, 2016)



Abbildung 2.5: Dreiseilumlaufbahn, Koblenz
(Quelle: Doppelmayr, 2016a)

²⁰ Vgl. Dale et al., 2013, S. 16.

²¹ Vgl. Dale et al., 2013, S. 17.

Doppeleinseilumlaufbahn (Funitel)

Die Kabinen der Doppeleinseilumlaufbahn, bekannt als Funitel, werden beidseitig von Förderseilen getragen und gezogen. In der Regel handelt es sich um ein durchgehendes Seil, welches als Doppelschleife geführt wird. Wie bei den anderen Umlaufbahnen werden die Kabinen bei Stationseinfahrt vom Seil getrennt und langsam durch die Station bewegt. (Abbildung 2.6 und Abbildung 2.8)

Das Funitel-System bietet eine hohe Windstabilität und Fahrgeschwindigkeit, aber geringere Seilfeldlängen und Fahrzeuggrößen als 3S-Systeme. Kosten und Leistungsfähigkeit liegen zwischen EUB- und 3S-System. Die Führung des Förderseils in der Doppelschleife führt aufgrund von erhöhter Reibung und größerem Verschleiß zu höheren Energiekosten und kürzeren Wartungsintervallen als bei anderen Umlaufbahnen.²²

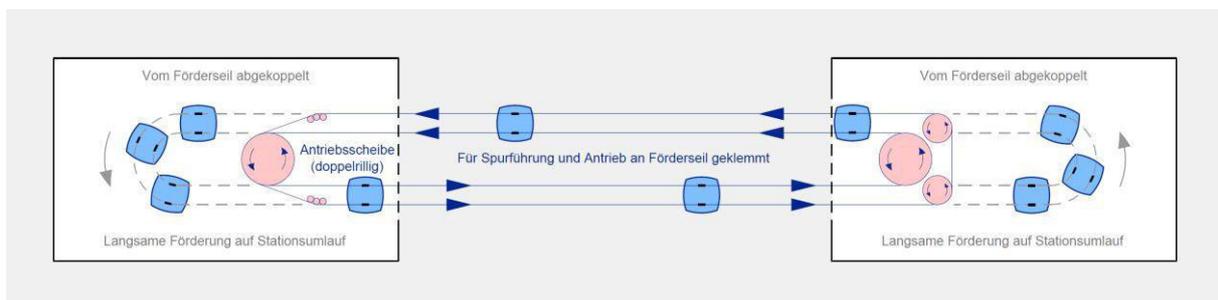


Abbildung 2.6: Funktionsprinzip Doppeleinseilumlaufbahn (Funitel) (Eigene Darstellung, Quelle: Lener, 2016, S. 32.)

Pendelbahnen (ATW)

Pendelbahnen (engl.: Aerial Tramway) verfügen über ein oder mehrere Tragseile und ein Zugseil mit welchem die Kabinen fix verbunden sind. In der Regel verkehren zwei Kabinen in entgegengesetzter Richtung zwischen den Stationen, kommen in den Stationen zum Stillstand und verlassen diese in entgegengesetzter Richtung. Es ist kein kontinuierlicher Betrieb möglich. Fahrzeuggröße und Geschwindigkeit sind deutlich größer als bei Umlaufbahnen (bis zu 200 Personen und 12,5 m/s), die maximale Leistungsfähigkeit liegt mit 2000 Personen pro Stunde und Richtung aber unter der von Umlaufbahnen. Zwischenstationen sind selten, Richtungsänderungen nicht möglich. (Abbildung 2.7 und Abbildung 2.9)

Werden die zwei Kabinen von jeweils einer eigenen umlaufenden Zugseilschleife angetrieben, ist ein voneinander unabhängiger Betrieb möglich. Diese Konfiguration bringt Vorteile im Wartungs- oder Bergungsfall und ermöglicht eine flexiblere Anpassung der Leistungsfähigkeit an die Nachfrage.²³

²² Vgl. Dale et al., 2013, S. 18.

²³ Vgl. Dale et al., 2013, S. 19.

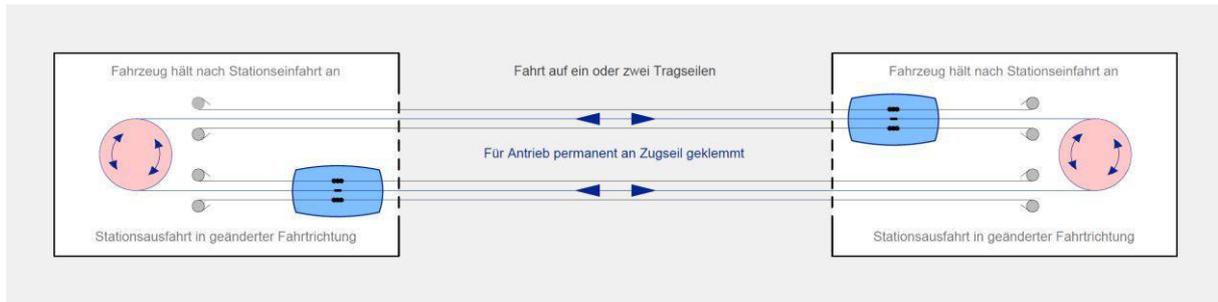


Abbildung 2.7: Funktionsprinzip Pendelbahn (Eigene Darstellung, Quelle: Dale et al., 2013, S.19.)



Abbildung 2.8: Funitel, Jasná
(Quelle: Doppelmayr, 2016a)



Abbildung 2.9: Pendelbahn, Portland
(Quelle: Arup, 2015)

Gruppenbahn (Pulsed Gondola)

Die Gruppenbahn stellt einen Sonderfall dar, wobei mehrere Fahrzeuge in zwei oder vier Gruppen fix an das Zug- oder Förderseil geklemmt sind. Beim Eintreffen der Kabinengruppen in den Stationen, wird die Bahn verlangsamt oder angehalten. Es sind Ausführungen als Einseilbahn (Umlaufbetrieb) sowie Zwei- und Dreiseilbahn (Pendelbetrieb) bekannt. Beim Einsatz von vier Kabinengruppen, gibt es in der Regel eine Mittelstation. Gruppenbahnen sind generell selten, ihre Leistungsfähigkeit liegt unter 2000 Personen pro Stunde und Richtung.²⁴ Im urbanen Raum eignen sie sich daher nur für spezielle Situationen, wo kurze Entfernungen überbrückt werden müssen und eine relativ geringe Leistungsfähigkeit gefordert wird.²⁵

Seilbahnsysteme im Vergleich

In Tabelle 2.1 werden die maximale Fahrgeschwindigkeit, Fahrzeugkapazität und Leistungsfähigkeit sowie die zulässige Windgeschwindigkeit für die vorgestellten Seilbahnsysteme verglichen. Weiters wird ein Richtwert für typische Seilfeldlängen genannt.

²⁴ Vgl. Dale et al., 2013, S. 20.

²⁵ Vgl. Sedivy, 2015, S. 147-148.

Seilbahntyp	EUB / MGD	2S / BGD	3S / TGD	Funitel	ATW	Gruppen- bahn
Max. Geschwindigkeit [m/s]	6	7,5	8,5	7	12,5	7
Max. Fahrzeugkapazität [P]	15	17	35	24	200	15
Max. Leistungsfähigkeit [P/h]	4.000	4.000	6.000	5.000	2.000	2.000
Windstabilität [km/h]	70	70	>100	>100	>80	70
Seilfeldlänge [m]	100-300	<1.500	<3.000	<1.000	<3.000	100-300

Tabelle 2.1: Seilbahnsysteme im Vergleich²⁶ (Eigene Darstellung)

Es ist zu beachten, dass die größtmögliche Seilfeldlänge entscheidend von Fahrzeuganzahl und –gewicht abhängt, d.h. durch die erforderliche Leistungsfähigkeit limitiert wird. Einseilumlaufbahnen können in speziellen Fällen auch deutlich größere Seilfeldlängen aufweisen (z.B. etwa 550 m beim *Singapore Cable Car*). Große Seilfeldlängen können auch beim Überfahren von Schluchten oder Tälern vorkommen, wo das Gelände einen entsprechenden Seildurchhang erlaubt (z.B. 3.024 m bei der *Peak 2 Peak* in Whistler, Kanada)²⁷.

Aus verschiedenen Gründen kann speziell die 3S-Bahn vorteilhaft für den Einsatz im ÖPNV sein. Sie erlaubt zum Beispiel größere Fahrzeuge als die Einseilumlaufbahn. Größere Fahrzeuge lassen sich besser auf die Erfordernisse des öffentlichen Verkehrs abstimmen bzw. in einer im öffentlichen Verkehr üblichen Weise gestalten. Weiters kann mit Nabengeneratoren in den Laufrädern zuverlässig Strom für die Energieversorgung der Fahrzeuge, etwa für Beleuchtung, Heizung und Klimatisierung, gewonnen werden. Die 3S-Bahn ist außerdem das System mit der höchsten Leistungsfähigkeit und bietet als Stetigförderer kurze Fahrzeugintervalle.²⁸

²⁶ Vgl. Dale et al., 2013, S. 21, 37; Doppelmayr, 2016a; Monheim et al., 2010, S. 29.

²⁷ Vgl. Doppelmayr, 2016b.

²⁸ Vgl. Fiedler, 2016d.

3. Historische Entwicklung urbaner Seilbahnen

Den Grundstein für die Entwicklung moderner Seilbahnen bildet die Erfindung des Drahtseils in den 1830er Jahren. Seilbahnen zum Personentransport entstanden anfangs mehrheitlich im städtischen Raum. Es handelte sich dabei meist um Ausflugsbahnen auf Berge am Stadtrand (z.B. Budapest, Salzburg, San Sebastian) oder um temporäre Ausstellungsbahnen (z.B. Mailand, Turin, Wien). Es gibt jedoch auch frühe Beispiele von Seilbahnen als Verkehrsmittel im ÖPNV. In Lyon verkehrte ab 1862 eine Standseilbahn entlang der Strecke *Rue Therme – Croix Rousse*, welche relativ hohe Steigungen aufweist. Es handelte sich um eine am Seil festgeklemmte Bahn mit drei Wagen und einer Kapazität von 324 Personen, angetrieben von einer Wasserturbine. Zehn Jahre später wurde im hügeligen San Francisco die erste der berühmten Cable Car Linien eröffnet. Die Cable Car Wagen sind während der Fahrt an das im Boden laufende Zugseil geklemmt. Bei Haltestellen oder Weichen wird die Klemmverbindung vom Seil gelöst. Das System erfreute sich in kurzer Zeit großer Beliebtheit. So wurden ähnliche Bahnen in 28 amerikanischen Städten, aber auch in England, Schottland, Frankreich, Portugal, Australien und Neuseeland eröffnet. Als einziges System ist das von San Francisco heute noch im Betrieb.²⁹

Bereits 1879 wurde eine Luftseilbahn in der Stadt Blackpool in Neuseeland zur Überquerung eines Flusses eingesetzt. Sie wurde jedoch 1890 aufgrund des wachsenden Verkehrsaufkommens durch eine Brücke ersetzt. Danach wurden Luftseilbahnen bis in die 1970er Jahre kaum mehr als urbanes Massenverkehrsmittel in Betracht gezogen. Stattdessen verschob sich das Kerngeschäft der Seilbahnhersteller zu Anlagen für Tourismus und Wintersport. Ausnahmen finden sich in zwei topographisch typischen Seilbahnländern: Algerien und Georgien. Hier wurden bereits 1956 und 1959 die Bahnen *El Madania* (Algiers)³⁰ und *Mtatsminda* (Tiflis)³¹ für den Pendlerverkehr errichtet. In der georgischen Bergbaustadt Tschiatura wurde zu dieser Zeit sogar ein Seilbahnnetz aus 26 Linien für die Beförderung der Arbeiter gebaut. (Abbildung 3.1) Dieses ist zum Teil noch heute unverändert in Betrieb und gilt längst als sanierungsbedürftig. Vor einigen Jahren kam es auf einer der Linien zum Bruch des Zugseils, was die Bergung der Passagiere notwendig machte.³²

In den 1970er Jahren wurde Roosevelt Island in New York City in ein praktisch autofreies Wohngebiet umgewandelt. Nachdem sich der Bau der geplanten U-Bahn verzögerte, ließ man eine Pendelbahn als vorübergehende Verbindung errichten. Die sogenannte *Roosevelt Island Tram* wurde 1976 eröffnet und blieb bis zur Fertigstellung der U-Bahn 1990 die wichtigste Verbindung zwischen der Insel und Manhattan.³³ Aufgrund ihrer großen Beliebtheit unter Einheimischen und Touristen wurde die Bahn 2010 komplett erneuert. (Abbildung 3.2) Seit 2005 ist die *Roosevelt Island Tram* auch in das Tarifsystem von New Yorks U-Bahn eingebunden.³⁴

²⁹ Vgl. Schmoll, 2000a, S. 35, 53-55, 88.

³⁰ Vgl. POMAGALSKI, 2007, S. 3.

³¹ Vgl. Schmoll, 2000b, S. 90.

³² Vgl. Süddeutsche.de, 2013.

³³ Vgl. Roosevelt Island Operating Corporation, 2010.

³⁴ Vgl. Dale et al., 2013, S. 80-81.



Abbildung 3.1: Seilbahnknoten in Tschiatura, Georgien
(© Reuters/David Mdzinarishvili, Quelle: Süddeutsche.de, 2013)



Abbildung 3.2: Roosevelt Island Tram, New York
(Quelle: Seeber, 2010, S.123)

In Singapur wurde 1974 eine Zweiseilumlaufbahn errichtet um Sentosa Island und den Gipfel von Mount Faber zu erschließen. Es handelt sich um eine rein touristische Verbindung, wobei auch die Bahn selbst als Touristenattraktion gesehen werden kann. Die Mittelstation *Harbour Front* war die erste Seilbahnstation, welche in einen bestehenden Büroturm integriert wurde. Die Bahn an sich die erste, die einen wichtigen Hafen überquert. Sie wurde zu einem Vorzeigebispiel für die Realisierbarkeit von hohen Stützen (88 m) und großen Spannweiten (ca. 550 m). 2009 wurde die Anlage durch eine Einseilumlaufbahn erneuert.³⁵

In den 1980er Jahren wurden in mehreren Städten Algeriens Pendelbahnen und Umlaufbahnen für den ÖPNV errichtet. Dazu zählen Annaba, Blida, Oran und Tlemcen. Nicht nur zur Überwindung großer Steigungen an den Hängen der Städte, sondern auch zur Erschließung der dicht besiedelten Zentren, mit engen Gassen und Plätzen, wurden die Vorteile der Seilbahnen im Vergleich zu Bussen oder Straßenbahnen erkannt.³⁶ Derzeit wird in Algerien massiv in den Ausbau der Infrastruktur investiert. Diese Investitionen umfassen auch die Sanierung bestehender Seilbahnen und den Bau weiterer Linien.³⁷

In der chinesischen Stadt Chongqing wurden in den 1980er Jahren nacheinander Pendelbahnen über den Jialing und über den Yangtze Fluss errichtet, wovon zweitens noch heute in Betrieb ist. Während die zwei Bahnen zur Zeit ihrer Fertigstellung als wichtiges Verkehrsmittel für die Stadtbewohner galten, verloren sie später mit der Errichtung von zusätzlichen Brücken viele Fahrgäste. Die Pendelbahn blieb jedoch eine beliebte Touristenattraktion.³⁸

Auch in Istanbul wurde 1993 eine innerstädtische Seilbahn eröffnet. Die Zweiseil-Gruppenbahn ist als Linie *TF1* in das städtische Tarifsysteem integriert und verbindet die Stadtteile Taşkışla und Maçka, die durch ein weites Tal voneinander getrennt sind.³⁹

Nachdem um die Jahrtausendwende begonnen wurde Seilbahnen im urbanen Kontext wieder intensiver zu diskutieren, stieg die Anzahl neuer Projekte rasch an. So wurden von 2000 bis 2012 mehr als 25 urbane Anlagen errichtet. Dazu zählen auch die Metrocable Linien in Medellín (Kolumbien) und Caracas (Venezuela), die

³⁵ Vgl. Dale et al., 2013, S. 107-108.

³⁶ Vgl. Schmoll, 2000b, S. 90-91.

³⁷ Vgl. Germany Trade & Invest, 2015.

³⁸ Vgl. People's Daily, 2011.

³⁹ Vgl. Istanbul Ulasim San. ve Tic. A.S., 2012.

Emirates Airline in London (Großbritannien) und die neuen Umlaufbahnen in Constantine, Tlemcen, Skikda und Algier (Algerien). (Abbildung 3.3) Sie sind zwischen Metro, Tram und Bus, integrierter Bestandteil der Verkehrsnetze.^{40 41}

Neben den Schwebbahnen zeigte sich auch bei Standseilbahnen während der letzten Jahre eine wachsende Nachfrage im urbanen Bereich. Es wurden zahlreiche sogenannte Automated People Mover in verschiedenen Konfigurationen errichtet. Die Systeme haben sich besonders im Bereich von Flughäfen bewährt. Beispiele sind der Oakland Airport Connector oder der People Mover von Venedig, welcher die Altstadt mit den Parkplätzen der Insel Tronchetto verbindet.⁴² (Abbildung 3.4)



Abbildung 3.3: Seilbahn Constantine
(Quelle: Doppelmayr, 2015, S. 6-7)



Abbildung 3.4: People Mover in Venedig
(Quelle: Doppelmayr, 2015, S. 31)

⁴⁰ Vgl. Doppelmayr, 2015, S. 6-7.

⁴¹ Vgl. Dale et al., 2013, S. 7.

⁴² Vgl. Doppelmayr, 2015, S. 26-27.

4. Aktuelle Beispiele für Seilbahnen im ÖPNV-Netz

In diesem Kapitel werden ausgewählte urbane Seilbahnprojekte vorgestellt, welche einen integralen Teil eines ÖPNV-Netzes bilden und Umsteigerelationen zu anderen Verkehrsmitteln bieten. Das Hauptaugenmerk liegt bei kürzlich fertiggestellten Systemen und Standorten, an denen weitere Seilbahnlinien geplant sind.

Es werden die *Metrocable* Netze von Medellín und Caracas vorgestellt, welche durch ihren Erfolg mit der effizienten verkehrlichen Erschließung von einst schwer erreichbaren Stadtteilen sowie mit begleitenden sozialen Verbesserungen für die Bevölkerung weitreichenden Bekanntheitsgrad erlangt haben. An beiden Orten werden Seilbahnen als Ergänzung zum Metro-Netz eingesetzt.

Weiteres wird die *Emirates Air Line* in London betrachtet. Sie gilt als erste urbane Seilbahn Europas, welche in ein U-/S-Bahn-Netz integriert und Teil eines umfangreichen Stadterweiterungsprojekts ist.

Zuletzt wird das Seilbahnnetz von La Paz, *Mi Teleférico*, vorgestellt, welche das hochrangige Verkehrsnetz im Ballungsraum der benachbarten Städte La Paz und El Alto bildet. Das Netz wird nach seiner Fertigstellung neun Seilbahnlinien mit zahlreichen Umsteigerelationen beinhalten. An vielen Stationen ist eine Verknüpfung mit öffentlichen Buslinien vorgesehen. Es ist das erste urbane Seilbahnnetz dieser Art, wodurch sich gänzlich neue Situationen und Herausforderungen für die Seilbahnplanung ergeben.

4.1. Medellín Metrocable

Medellín ist mit einer Bevölkerung von über drei Millionen Menschen die zweitgrößte Stadtregion Kolumbiens und verfügt seit 1995 über eine Metro.⁴³ 2004 wurde die erste von bisher drei Seilbahnen, *Linie K*, eröffnet, um das höher gelegene Viertel Santo Domingo an die Metro anzuschließen. Der Bau der Seilbahn war von einem umfassenden Investitionsprogramm begleitet. Rund um die Stationen wurden neue dynamische Zentren für die dicht besiedelten Gebiete und öffentliche Einrichtungen im Bildungs- und Gesundheitssektor sowie neue Wohnbauten geschaffen.⁴⁴

Stadtteile wie Santo Domingo entstanden während dem letzten Jahrhundert als sich Medellín zunehmend auf die umliegenden Berghänge ausdehnte. Die Bevölkerung lebt in einfachen Verhältnissen und geringem Wohlstand. Ein Großteil der Gebäude entstand ohne Bewilligung und ohne Rücksicht auf die verkehrliche Erschließung. Weite Teile des Viertels waren nur über verwinkelte Wege erreichbar, die engen und steilen Straßen waren oft überlastet. Die Kriminalität war einst so hoch, dass Medellín als eine der gefährlichsten Städte der Welt galt.⁴⁵

Laut Dávila & Daste (2012, S.4) brachte die Eröffnung der Seilbahn verschiedene positive Effekte und soziale Verbesserungen für die Bewohner. Sie erhielten erstmals eine effiziente, zuverlässige und sichere Verbindung zur Stadt. Die Reisezeit konnte von mehr als einer Stunde auf weniger als zehn Minuten verkürzt werden. Auch begleitende Maßnahmen wie die Errichtung von öffentlichen Computerräumen und Bibliotheken fanden großen Anklang. Es wurden zahlreiche neue Arbeitsplätze geschaffen. Durch eine verstärkte Präsenz der Polizei konnte die öffentliche Sicherheit in der Umgebung der Seilbahn verbessert werden. Nicht zuletzt gewann

⁴³ Vgl. Rudolph, 2009, S. 30-31.

⁴⁴ Vgl. Seeber, 2010, S. 124.

⁴⁵ Vgl. Dávila & Daste, 2012, S. 1.

das Projekt, dank der positiven Veränderungen die es angeregt hat, auch den Stolz und die Anerkennung der Bevölkerung.⁴⁶

Als weiterer Vorteil der Seilbahnen von Medellín zeigt sich die verringerte Emission von Schadstoffen vor Ort. Im Zuge einer für das *Clean Development Mechanism*-Programm (Teil der Klimarahmenkonvention der Vereinten Nationen) registrierten Studie konnte eine Reduktion von 121.029 t CO₂-äquivalenter Schadstoffemissionen während der ersten sieben Jahre berechnet werden. Die Studie vergleicht prognostizierte Emissionen mit sogenannten *Baseline-Emissionen*, welche entstehen würden, wenn die Seilbahnfahrgäste von Pkws und Kleinbussen transportiert werden würden. Laufende Messungen bestätigen die stark reduzierten Emissionen vor Ort.^{47 48}

Nach der Eröffnung von *Linie K* kam es zur Planung von weiteren Seilbahnen in Medellín sowie zu wachsendem Interesse an ähnlichen Systemen in anderen Teilen Lateinamerikas.⁴⁹ Einige Jahre später wurde die *Linie J* im Stadtteil San Javier errichtet und schließlich die *Linie L* als Verlängerung von *Linie K* um ein nahegelegenes Erholungsgebiet anzubinden.⁵⁰ Zwei weitere Linien, *M* und *H* sind in Bau.⁵¹ Es gibt derzeit zwei Knoten an denen Seilbahn und Metro aufeinander treffen: *Acevedo* und *San Javier*. (Abbildung 4.1)



Abbildung 4.1: Netzplan Metro de Medellín (Quelle: colombiainfo.org, 2016, bearbeitet)

4.2. Caracas Metrocable

Nach dem Erfolg von Medellín wurde auch in Caracas, der Hauptstadt Venezuelas, überlegt, Seilbahnen zur Ausweitung des ÖPNV und zur Aufwertung bisher benachteiligter Viertel zu errichten. Auch in Caracas ist die Bebauung in armen Stadtteilen aufgrund einer fehlenden Stadtplanung wild gewachsen, sodass es kaum Platz für Verkehrsinfrastruktur gibt.⁵² Es kam zu einer gewissen Isolation, Zugang zu Bildungs- und Gesundheitssystem fehlten und Kriminalität breitete sich aus.⁵³

⁴⁶ Vgl. Dale, 2010a, Part 1, 2.

⁴⁷ Vgl. CDM – Executive Board, 2012, S. 2-3.

⁴⁸ Vgl. CDM – Executive Board, 2006, S.12.

⁴⁹ Vgl. Rudolph, 2009, S. 32.

⁵⁰ Vgl. Dale et al., 2013, S. 72-75, 90-91.

⁵¹ Vgl. Metro de Medellín Ltda., 2016a.

⁵² Vgl. Rudolph, 2009, S. 33.

⁵³ Vgl. Dale, 2010a, Part 1, 5, 7.

Seit 1983 gibt es in Caracas die Metro als Alternative zu den überlasteten Straßen. 2010 wurde die erste Seilbahnlinie *Parque Central – San Agustín* eröffnet. Sie verbindet das auf einem Hügel liegende Viertel San Agustín mit dem öffentlichen Verkehrsnetz und dem Zentrum.⁵⁴

Ein zweites Seilbahnprojekt verbindet den Stadtteil Mariche mit der Metro. Es ist das erste Projekt welches aus einer Express- und einer Lokallinie mit einer leicht abweichenden Route bestehen wird. Die Expresslinie *Palo Verde – Mariche* ging bereits 2013 in Betrieb, während die Fertigstellung der Lokallinie *Palo Verde - La Dolorita* demnächst erwartet wird. Eine vierte Linie, *Petare – La Cruz del Morro*, ist in Planung.⁵⁵

In Caracas wurde entschieden, in die Stationsbauwerke selbst großzügige Gemeindezentren zu integrieren. Sie beherbergen Einrichtungen wie z.B. Sportstätten, Geschäftslokale, Restaurants, medizinische Einrichtungen, Polizeistationen, Musikbühnen und Bibliotheken. Die Stationsbauwerke wurden daher entsprechend groß ausgelegt. Neben der Verbindung zur Stadt stellt die Seilbahn auch eine Verbindung zwischen diesen Zentren dar und ermöglicht der Bevölkerung daher eine gute Erreichbarkeit der neuen Einrichtungen.⁵⁶

Es gibt derzeit zwei Umsteigemöglichkeiten zwischen *Metrocable* und Metro: *Parque Central* und *Palo Verde*. Eine weitere wird in Petare entstehen, wo kürzlich auch der erste Abschnitt des *CableTren Bolivariano*, ein Automated People Mover, eröffnet wurde. (Abbildung 4.2)



Abbildung 4.2: Ausschnitt aus dem Netzplan Metro de Caracas (Quelle: C.A. METRO DE CARACAS, 2015, bearbeitet)

4.3. Emirates Air Line, London

Die *Emirates Air Line* in London wurde im Vorfeld der olympischen Spiele 2012 geplant. Zum einen sollte sie zwei Austragungsorte der olympischen Spiele verbinden, zum anderen eine bleibende Querungsmöglichkeit der Themse im Osten

⁵⁴ Vgl. Dale et al., 2013, S. 76-77.

⁵⁵ Vgl. C.A. METRO DE CARACAS, 2015.

⁵⁶ Vgl. Dale, 2010a, Part 5, 7.

Londons bilden. Sie verbindet die Greenwich Peninsula und das Royal Victoria Dock und ist Teil der Revitalisierungsmaßnahmen für den Stadtteil The Royal Docks. Benannt ist die Bahn nach ihrem Sponsor, der Fluglinie Emirates und bildet so ein Beispiel wie Seilbahnprojekte durch private Investoren mitfinanziert werden können.^{57 58}

Nach den olympischen Spielen blieb die Seilbahn mit etwa 1,5 Millionen Fahrgästen pro Jahr eine beliebte Touristenattraktion. Da eine Querung der Themse auch durch die *Tube* (*U-Bahn*) in direkter Nähe besteht, das Einzugsgebiet der Seilbahnstationen nicht ausreichend dicht besiedelt ist und für die Nutzung ein Aufpreis auf den Standardtarif bezahlt werden muss, konnten kaum einheimische Pendler als bleibende Kundschaft gewonnen werden. Dafür wurde das Projekt letztlich vermehrt kritisiert. Es bleibt als Touristenattraktion jedoch auch wirtschaftlich erfolgreich.⁵⁹

Durch umfassende Stadterweiterungsprojekte wird sich die Situation im Umfeld der Stationen zukünftig verändern. Es werden ein Anstieg der Nutzerzahlen und eine Zunahme der nicht-touristischen Nutzung erwartet.⁶⁰

An den Endstationen ist ein Umsteigen zur *Tube* (*North Greenwich Station*) sowie zur *DLR* (*Royal Victoria Station*) möglich. (Abbildung 4.3)

Die *DLR* (*Docklands Light Railway*) erschließt die östlichen Hafengebiete von London. Ihre Strecken und Stationen befinden sich großteils in Hochlage sowie teilweise in Tieflage und ebenerdig. Die Liniennetze der *Tube* und der *DLR* sind an einigen Stellen verknüpft. Im Unterschied zur *Tube* sind die Züge der *DLR* fahrerlos und die meisten Stationen unbesetzt. Alle Stationen der *DLR* sind barrierefrei zu erreichen.⁶¹

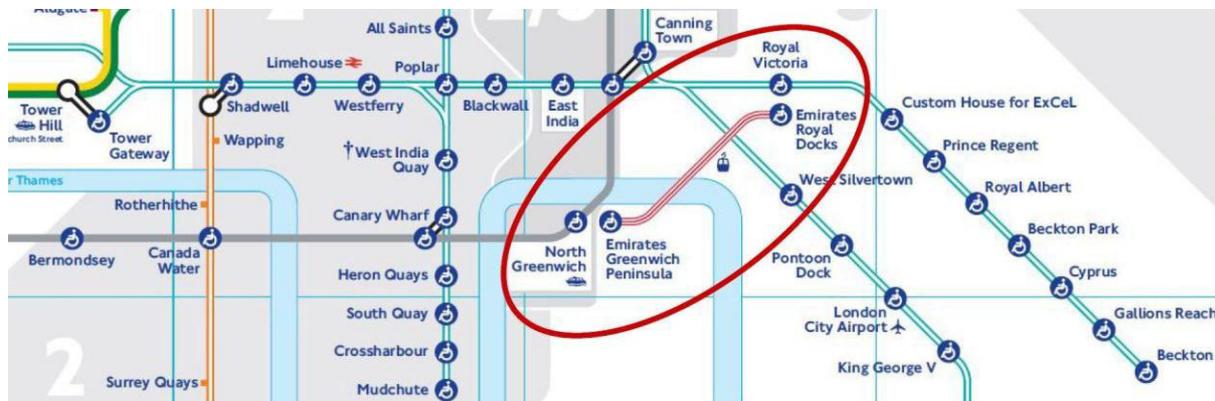


Abbildung 4.3: Ausschnitt aus der London Tube map (Quelle: Transport for London, 2016, bearbeitet)

4.4. *Mi Teleférico, La Paz*

In La Paz (Bolivien) entsteht derzeit das größte urbane Seilbahnnetz der Welt. Die ersten drei Linien von *Mi Teleférico* gingen 2014 in Betrieb, sechs weitere befinden sich in Bau. Das Netz verbindet die Großstadt mit dem einige hundert Meter höher gelegenen El Alto, wovon ein großer Teil der Bewohner täglich in die Hauptstadt pendelt. Die Hänge am Rand von La Paz sind von informell gewachsenen

⁵⁷ Vgl. Dale et al., 2013, S. 92.

⁵⁸ Vgl. Doppelmayer, 2015, S. 10-11.

⁵⁹ Vgl. Dale, 2015a.

⁶⁰ Vgl. Schedereit, 2015, S. 17.

⁶¹ Vgl. railway-technology.com, 2016.

Siedlungen geprägt. Durch das große Bevölkerungswachstums in der Region stand die bestehende Infrastruktur vor dem Kollaps. Im Unterschied zu Medellín und Caracas gibt es in La Paz keine Metro. Bis zur Mitte des 20. Jahrhunderts wurde ein Straßenbahnnetz betrieben, welches schließlich mit der Ausbreitung des MIV und verschiedener privater Buslinien eingestellt wurde. Die spätere Schaffung eines städtischen Busverkehrs konnte stets durch die privaten Busanbieter und Sammeltaxis verhindert werden. Angesichts dieser Rahmenbedingungen waren die Entscheidungsträger in Bolivien nach Prüfung der verkehrsplanerischen Anforderungen von den Vorteilen der Seilbahn für La Paz überzeugt.^{62 63}

La Paz ist die erste Stadt in der Seilbahnen im Gegensatz zu U-/S-Bahn, Straßenbahn oder städtischen Buslinien das primäre Verkehrsnetz bilden. Nachdem die ersten drei Linien nach weniger als zwei Jahren Bauzeit eröffnet waren, wurde das Projekt bereits für seinen Erfolg gefeiert. Mit keinem anderen Verkehrsmittel wären Finanzierung und zeitliche Umsetzung in dieser Weise möglich gewesen, sind sich die Betreiber sicher. Dies wird durch üblicherweise längere Planungs- und Bauphasen und deutlich höhere Kosten von schienengebundenen Massentransportmitteln bestätigt.^{64 65}

Mit der Fertigstellung 2019 wird sich das Netz über mehr als 30 km erstrecken.⁶⁶ (Abbildung 4.4) Die Linien sind nach ihrer Farbgebung benannt (*Línea roja, Línea amarilla, Línea verde*), die Stationen tragen indigene Ortsbezeichnungen. Mit der Seilbahn als primäres Verkehrsmittel ergeben sich besondere stadträumliche Situationen. In einigen Abschnitten verläuft die Seilbahn über ebenes Gelände entlang von Straßenachsen. Am Knoten *Chuqui Apu* werden drei Seilbahnlinien zusammentreffen. Unter dem *Plaza Villaroel*, wo sich zukünftig zwei Linien treffen, entsteht erstmals eine U-Seilbahnstation.⁶⁷

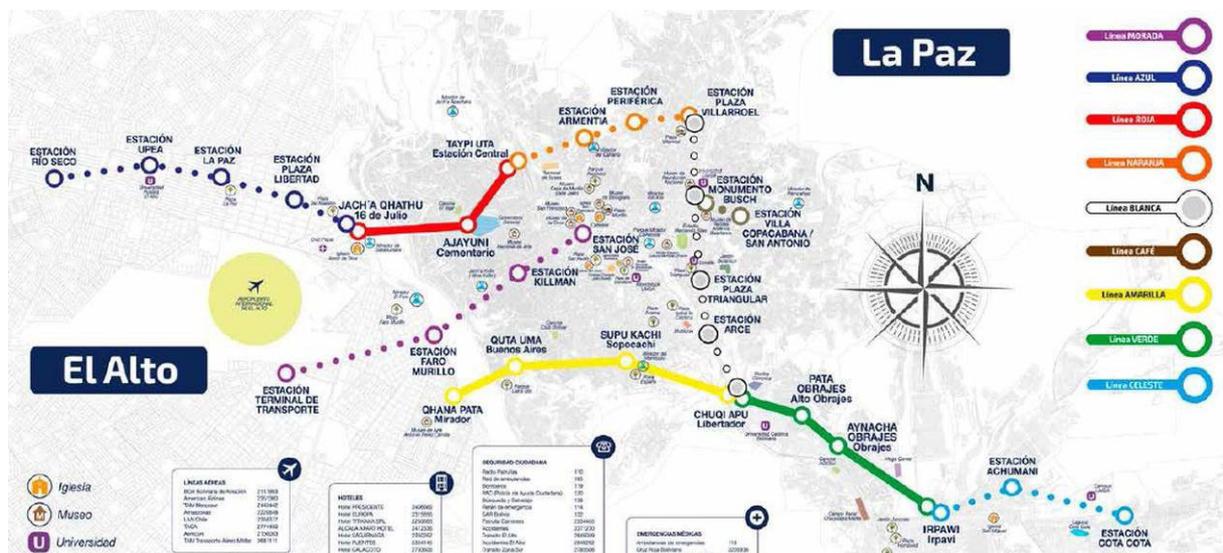


Abbildung 4.4: Netzplan Mi Teleférico, La Paz (Quelle: Mi Teleférico, 2015)

⁶² Vgl. Doppelmayr, 2015, S. 8-9.

⁶³ Vgl. Fiedler, 2016a.

⁶⁴ Vgl. Dale, 2015b.

⁶⁵ Vgl. SPIEGEL ONLINE, 2015.

⁶⁶ Vgl. Mi Teleférico, 2015.

⁶⁷ Vgl. Fiedler, 2016a.

5. Umsteigeknoten im ÖPNV

Umsteigeknoten im ÖPNV sind Kombinationen von Haltestellen verschiedener Linien. Es können gleichrangige Linien und Linien von verschiedener verkehrlicher Bedeutung sowie verschiedene Verkehrssysteme aufeinandertreffen. Haltestellen oder Stationen sind Betriebsstellen einer ÖPNV-Linie, an denen Fahrgästen zu bestimmten Zeiten (laut Fahrplan oder Intervall) das Ein- und Aussteigen aus dem Verkehrsmittel ermöglicht wird. Sie gelten als Aushängeschild für das Verkehrsunternehmen, da sie den Berührungspunkt zwischen Fahrgast und Betreiber bilden. Funktionen von Haltestellen sind neben dem reinen Fahrgastwechsel auch Ticketverkauf, Fahrgastinformation und Wartebereich. Stationsgebäude können auch Einkaufsmöglichkeiten, Gastronomie und öffentliche Einrichtungen wie Unterhaltungs- und Sportstätten beinhalten.

Im Folgenden werden Anforderungen an die Ausstattung und Dimensionierung von Umsteigeknoten und Haltestellen zusammengefasst. Dazu wurden Fachliteratur sowie verfügbare Normen und Richtlinien untersucht. Zuerst werden Anforderungen an Umsteigeknoten im Allgemeinen erklärt. Anschließend werden jeweils spezielle Anforderungen von U- und S-Bahnstationen, Bus- und Straßenbahnstationen und Seilbahnstationen zusammengefasst. Ein Vergleich dieser Anforderungen soll die Ähnlichkeiten und Unterschiede aufzeigen. Da es für Seilbahnen im ÖPNV nur wenige Empfehlungen gibt bzw. die untersuchten Seilbahnnormen grundsätzlich für touristische Seilbahnen formuliert sind, soll dieser Vergleich eine Grundlage für die Überlegung bieten, welche Anforderungen von U-/S-Bahn-, Straßenbahn- und Bushaltestellen für Seilbahnstationen im ÖPNV ähnlich angenommen werden können.

5.1. *Grundlegende Anforderungen an Umsteigeknoten*

Zugänglichkeit und Ausstattung von Haltestellen können das Image des örtlichen Verkehrsangebots maßgeblich beeinflussen. Heute wird es als wichtiges Kriterium gesehen, dass die Nutzung des ÖPNV von allen Passagieren als möglichst angenehm empfunden wird. Bei der Nutzung von Umsteigeverknüpfungen nimmt der Fahrgast gewisse Fußwege und Wartezeiten in Kauf. Jedoch werden bereits Weglängen ab 200 m oft als zu lang empfunden. In der Regel werden die Stationen komplexer je mehr Verkehrssysteme und -linien aufeinander treffen. Dadurch verlängern sich Umsteigewege und -zeiten. Die konkrete Umsetzung der Verknüpfung verschiedener Verkehrsmittel und -linien nimmt daher Einfluss auf die Qualität des Verkehrsangebotes. Die Umsteigewege sollen in Verknüpfungspunkten stets so kurz wie möglich gewählt werden. Umsteigerelationen können durch Ausstattung mit Fahrsteigen, Fahrtreppen und Aufzügen attraktiver gestaltet werden. Eine möglichst transparente und geräumige Gestaltung der Umsteigewege wirkt sich positiv auf das Sicherheitsempfinden der Fahrgäste aus. Für kurze Umsteigezeiten sind auch eine gute Begreifbarkeit der Umsteigebereiche und eine klare Orientierung in den Stationen unverzichtbar.⁶⁸

Neben Verkehrsangebot, Ausstattung und Gestaltung der Stationen nehmen eine Reihe psychologischer Faktoren Einfluss auf die Akzeptanz des öffentlichen Verkehrs durch die Fahrgäste. Dazu zählt die subjektive soziale Sicherheit in den Fahrzeugen und Stationen des ÖV sowie am Weg zu und von den Stationen. Faktoren welche das subjektive Sicherheitsgefühl der Fahrgäste aufwerten können

⁶⁸ Vgl. Steierwald et al., 2005, S. 641, 648, 651.

sind zum Beispiel eine helle, transparente, übersichtliche und geräumige Gestaltung der Wege, ausgedehnte Videoüberwachung sowie merkbare Präsenz von ÖV-Personal und Polizei.⁶⁹ Es ist dabei entscheidend, dass das Personal des Verkehrsbetriebs gut ausgebildet, vertrauenswürdig und hilfsbereit ist und bei den Reisenden auch einen entsprechenden Ruf genießt. Uneinsichtige, beengte und einsame Wegstellen sind stets zu vermeiden. In den Fahrzeugen sollten Notrufeinrichtungen vorhanden sein, womit sich ein Kontakt zu den Stationen herstellen lässt. Das Wohlbehagen einzelner Fahrgäste kann maßgebend vom Verhalten anderer Reisender beeinflusst werden. Gedränge wird stets als unangenehm oder unsicher wahrgenommen. Ungewollter Körper- sowie Blickkontakt wirkt für die Reisenden störend. Einzelne Gruppen von Reisenden sind oft, bedingt durch Unterschiede in Geschlecht, Erscheinungsbild, Alter oder ethnischer Zugehörigkeit, verstärkt solchen Problemen ausgesetzt. Häufig als belästigend empfunden werden beispielsweise auch Rauchen, Spucken, Alkoholkonsum, Gerüche, laute Unterhaltungen oder Telefongespräche und das Abspielen von Videos und Musik. Erfahrungen haben gezeigt, dass in überdachten Räumen oft ein rücksichtsvolleres Verhalten an den Tag gelegt wird als in offenen Bereichen. Ein Rauchverbot zum Beispiel wird in überdachten Räumen konsequenter eingehalten als in offenen Bereichen.⁷⁰

Dimensionierung von Wartebereichen und Umsteigewegen

Wartebereiche und Umsteigewege sind großzügig zu gestalten, um gefährlichen Situationen durch eine zu hohe Personendichte vorzubeugen. Je weniger gedrängt der Verkehr abläuft, desto angenehmer wird er von den Reisenden empfunden. Wartezeiten und Staubildung werden stets als störend empfunden. Der Platzbedarf pro Person steigt mit der Fortbewegungsgeschwindigkeit. Limitierter Bewegungsraum begrenzt daher auch die maximal gewählte Geschwindigkeit. Außerdem ist die Geschwindigkeit von Fußgehern auch von persönlichen Eigenschaften wie Körpergröße und Alter, von begleitenden Umständen wie Wetter und Tageszeit und von Anlagenparametern wie Steigung und Oberflächenbeschaffenheit abhängig.⁷¹

Die Verkehrsqualität für Fußgeher kann objektiv durch eine Unterscheidung von sogenannten Verkehrsqualitätsstufen (engl.: Level of Service bzw. LoS) gemessen werden. Es wird zwischen sechs Abstufungen, A bis F, unterschieden. Sie sollen das Komfortempfinden der Reisenden wiedergeben. Die Verkehrsqualitätsstufen lassen sich für gehende sowie wartende Reisende definieren.⁷² (Tabelle 5.1 und Tabelle 5.2)

⁶⁹ Vgl. Reutter, 2016, S. 7.

⁷⁰ Vgl. Fiedler, 2016c.

⁷¹ Vgl. Weidmann et al., 2013, S.149, 154, 182.

⁷² Vgl. Weidmann et al., 2013, S. 254.

LoS	Beschreibung für gehende Personen
A	Die Fußgänger haben freie Geschwindigkeitswahl. Sie werden durch andere Fußgänger äußerst selten beeinflusst. Die Verkehrsdichte ist sehr gering. In Wartesituationen gibt es keine Beeinträchtigungen.
B	Die Fußgänger werden nur selten wegen anderer Personen zu Geschwindigkeits- oder Richtungsänderungen gezwungen. Bei geringer Verkehrsdichte kommt es insgesamt nur zu geringfügigen Beeinträchtigungen. In Wartesituationen gibt es nur sehr geringe Beeinträchtigungen.
C	Die freie Geschwindigkeitswahl ist eingeschränkt. Die Verkehrsdichte erreicht ein spürbares Maß. Gelegentlich treten erzwungene Geschwindigkeits- oder Richtungsänderungen durch andere Fußgänger auf, die ständig beachtet werden müssen. In Wartesituationen sind Beeinträchtigungen durch andere Personen möglich, ohne dass es zu Körperkontakten kommt.
D	Die Geschwindigkeitswahl ist deutlich eingeschränkt. Fußgänger sind häufig zu Geschwindigkeits- oder Richtungsänderungen gezwungen. Die Verkehrsdichte ist hoch und die freie Bewegung stark behindert. Die mittlere Geschwindigkeit sinkt erkennbar ab. In Wartesituationen kommt es zur Bildung von Reihen oder Gruppen und zu unbeabsichtigten Körperkontakten mit anderen Personen. Der Verkehrszustand ist noch stabil.
E	Die Fußgänger haben keine freie Geschwindigkeitswahl. Gegenverkehr ist erheblich erschwert. Die Verkehrsdichte ist so hoch, dass es zu massiven Behinderungen kommt. In Wartesituationen sind Körperkontakte zu anderen Personen nicht zu vermeiden. Die Kapazität wird erreicht.
F	Der Zugang ist höher als die Kapazität. Richtungsänderungen sind kaum noch durchführbar, zeitweise kommt es zum Stillstand. Gegenverkehr wird unmöglich. Die Fußgänger haben ständig unabweisbare Körperkontakte zu anderen. Die Verkehrsanlage ist überlastet.

Tabelle 5.1: Verkehrsqualitätsstufen für gehende Personen (Eigene Darstellung, Quelle: Weidmann et al., 2013, S. 255)

LoS	Beschreibung für stehende Personen
A	Stillstehen und ungehinderte Zirkulation ist möglich, ohne andere Personen zu beeinträchtigen.
B	Stillstehen und leicht eingeschränkte Zirkulation ist möglich, ohne dass andere Personen beeinträchtigt werden.
C	Stillstehen und eingeschränkte Zirkulation ist möglich, ohne dass andere Personen beeinträchtigt werden. Dieser Zustand wird noch als angenehm empfunden.
D	Stehen ohne andere zu berühren ist noch möglich; das Herumgehen aber stark eingeschränkt. Vorwärtskommen ist nur in der Gruppe möglich. Über längere Zeit in dieser Dichte zu warten ist unbehaglich.
E	Körperkontakt mit anderen ist unvermeidlich, Herumgehen unmöglich. Warten in dieser Dichte ist nur für kurze Zeit ohne erhebliches Unbehagen ertragbar.
F	Nahezu alle Personen stehen in direktem Körperkontakt zueinander. Vorwärtskommen ist nicht möglich. Diese Dichte ist äußerst unbehaglich; sind solche Ansammlungen groß, so besteht Panikgefahr.

Tabelle 5.2: Verkehrsqualitätsstufen für stehende Personen (Eigene Darstellung, Quelle: Weidmann et al., 2013, S. 255)

Quantitativ können die Verkehrsqualitätsstufen durch die auftretende Personendichte in $[P/m^2]$ ausgedrückt werden. Je nach Art der betrachteten Verkehrsfläche können sich die Werte deutlich unterscheiden. (Tabelle 5.3)

LoS	A	B	C	D	E	F
Fußweg eindimensional [P/m ²]	<0,3	0,3-0,45	0,45-0,60	0,60-0,75	0,75-1,50	>1,50
Fußweg im Kreuzungsbereich [P/m ²]	<0,15	0,15-0,25	0,25-0,35	0,35-0,45	0,45-0,80	>0,80
Warte- und Stauflächen [P/m ²]	<0,90	0,90-1,20	1,20-1,50	1,50-2,00	2,00-4,00	>4,00
Warteflächen sicherheitskritisch [P/m ²]	<0,55	0,55-0,75	0,75-0,95	0,95-1,25	1,25-2,50	>2,50
Treppen und Rampen [P/m ²]	<0,60	0,60-0,75	0,75-0,90	0,90-1,15	1,15-2,15	>2,15
Fahrtreppen [P/m ²]	<0,65	0,65-0,80	0,80-1,00	1,00-1,25	1,25-2,40	>2,40
Lifte [P/m ²]	<0,95	0,95-1,30	1,30-1,65	1,65-2,20	2,20-4,50	>4,50

Tabelle 5.3: Verkehrsqualitätsstufen quantitativ (Eigene Darstellung, Quelle: Weidmann et al., 2013, S. 261-278)

Der Zusammenhang zwischen Fußgängerichte und -geschwindigkeit lässt sich mit der Formel von Kladek beschreiben.⁷³ (Tabelle 5.4)

Formel	Abkürzungen		
$v(D) = v_f \cdot \left[1 - e^{-\gamma \left(\frac{1}{D} - \frac{1}{D_{max}} \right)} \right]$	$v(D)$	Fußgängergeschwindigkeit in Abhängigkeit der Dichte	[m/s]
	v_f	Fußgängergeschwindigkeit bei voller Freizügigkeit	[m/s]
	γ	Eichkonstante	
	D	Fußgängerichte (vgl. LoS, Tabelle 5.3)	[P/m ²]
	D_{max}	Fußgängerichte, bei welcher keine Bewegung möglich ist	[P/m ²]

Tabelle 5.4: Berechnung Fußgängergeschwindigkeit⁷⁴ (Eigene Darstellung)

Bei voller Freizügigkeit, d.h. wenn keine Beeinträchtigung durch andere Personen existiert, beträgt die Durchschnittsgeschwindigkeit v_f auf ebenen Fußgängeranlagen 1,34 m/s und auf Treppen 0,61 m/s aufwärts und 0,69 m/s abwärts. Zum Erliegen kommen sämtliche Bewegungen bei einer Dichte D_{max} von 5,4 P/m². Die Eichkonstante γ beträgt für Bewegung in der Ebene 1,913 und für Treppen 3,722 aufwärts und 3,802 abwärts.⁷⁵

Die Definition von Leistungsfähigkeit ist laut Weidmann et al. (2012, S.160): „Die Anzahl der Fußgänger, welche pro Zeiteinheit einen gegebenen Querschnitt passieren können.“ (Tabelle 5.5)

Die nutzbare Fußwegbreite B_N ergibt sich aus der Querschnittsbreite abzüglich eines Verlustes infolge von Wandeinflüssen oder Hindernissen. In Gängen und Treppen wird nach Weidmann et al. (2012, S.160) beidseitig ein Verlust von 0,25 m abgezogen.

⁷³ Vgl. Weidmann et al., 2013, S. 158.

⁷⁴ Vgl. Ebd.

⁷⁵ Vgl. Weidmann et al., 2013, S. 158-160.

Formel	Abkürzungen	
$L = D \cdot B_N \cdot v(D) \cdot 3600$	L	Leistungsfähigkeit [P/h]
	B_N	Nutzbare Fußwegbreite [m]

Tabelle 5.5: Berechnung Leistungsfähigkeit⁷⁶ (Eigene Darstellung)

Die auf diese Art berechnete Leistungsfähigkeit gilt zunächst für Richtungsverkehr. Bei Personenströmen mit Gegenverkehr sind zusätzlich Leistungsverluste durch einander ausweichende Fußgänger zu berücksichtigen. In entgegengesetzten linearen Personenströmen von hoher Dichte bilden sich auch ohne leitende Einrichtungen richtungsgetrennte Kolonnen, wobei der Leistungsverlust gegenüber einseitig gerichteten Personenströmen nur gering ist. Der größte Verlust tritt bei einem Richtungsanteil von 10 % gegen 90 % auf und beträgt 14,5 %.⁷⁷ Die Möglichkeit zur selbstständigen Wahl der Fortbewegungsrichtung und –geschwindigkeit hat bei Fußgängern Einfluss auf das Qualitätsempfinden. Übergriffe wie Taschendiebstähle oder körperlichen Belästigungen können in dichten Personenströmen ohne Gegenverkehr eher unerkannt verübt werden als bei Gegenverkehr. Wenn möglich sollte daher stets auf Richtungstrennung verzichtet werden.⁷⁸

Tabelle 5.6 zeigt die mindestens empfohlene Verkehrsqualitätsstufe in Abhängigkeit von der auftretenden Verkehrssituation. Im Regelbetrieb sollte immer Stufe A vorliegen. Während kurzzeitigen Leistungsspitzen ist eine niedrigere Qualitätsstufe zulässig, Stufe F ist aber stets zu vermeiden. Es wird zwischen den Spalten *Allgemeine Fußgängeranlagen* und *Anlagen des öffentlichen Verkehrs* unterschieden. Die zweite Spalte lässt sich auf Bahnsteige und unmittelbar angrenzende Bereiche anwenden, die erste Spalte auf die verbleibenden Abschnitte der Umsteigewege.

LoS	Allgemeine Fußgängeranlagen	Anlagen des öffentlichen Verkehrs
B	Maßgebende Spitzenstunde	Maßgebende Spitzenstunde
C	Maßgebende Spitzen-Halbstunde	Fahrgastdichte auf Perrons (=Bahnsteig) vor Eintreffen eines Zuges und während Zugsdurchfahrten
D	Maßgebende Spitzen-Viertelstunde	Mittleres Fahrgastaufkommen während eines Umsteigevorganges im Integrierten Taktfahrplan
E	Maßgebender maximaler 2-Minuten-Wert	Fahrgastdichte auf Warteflächen von Tram- und Bushaltestellen bis 30 s vor Eintreffen des Kurses. Maximales Fahrgastaufkommen während eines Umsteigevorganges im Integrierten Taktfahrplan an kritischen Stellen der Anlage
F	Ist zu vermeiden, da bei dieser Dichte ein Rückstau und ein sukzessiver Leistungsrückgang auftreten kann	Ist zu vermeiden, da Umsteigezeiten nicht mehr gewährleistet sind und sicherheitskritische Situationen entstehen

Tabelle 5.6: Dimensionierungsqualitäten für Anlagen des öffentlichen Verkehrs (Eigene Darstellung, Quelle: Weidmann et al., 2013, S. 339)

⁷⁶ Vgl. Weidmann et al., 2013, S. 160.

⁷⁷ Vgl. Weidmann et al., 2013, S. 166-167.

⁷⁸ Vgl. Fiedler, 2016c.

Normen und Richtlinien

Regelungen zur Ausführung von Haltestellen und Knoten im ÖPNV finden sich in den folgenden nationalen Normen und Richtlinien:

- ÖNORM B4970 – Anlagen für den öffentlichen Personennahverkehr – Planung
- ÖNORM A3012 – Visuelle Leitsysteme für die Öffentlichkeitsinformation
- ÖNORM B1600 – Barrierefreies Bauen -Planungsgrundlagen
- ÖNORM B1601 – Spezielle Baulichkeiten für behinderte oder alte Menschen – Planungsgrundsätze
- ÖNORM V2100–2105 – Technische Hilfen für sehbehinderte und blinde Menschen
- RVS 02.03.11 – Optimierung des öffentlichen Personennahverkehrs (ÖPNV)
- RVS 02.03.12 – Behindertengerechte Ausgestaltung des öffentlichen Personennahverkehrs
- RVS 03.02.12 – Nicht motorisierter Verkehr – Fußgängerverkehr
- RVS 03.06.13 – Eisenbahnkreuzungen – Sicherung und Ausstattung, Bedachtnahme auf behinderte Menschen

Für Bahnanlagen liegen weiters Regelwerke in den Planungsrichtlinien verschiedener Verkehrsbetriebe sowie in den europäischen TSI-Richtlinien (Technische Spezifikationen für Interoperabilität) vor. Speziell zu barrierefreier Gestaltung finden sich auch Empfehlungen in Bauordnungen und Planungsbehelfen von Ländern und Gemeinden. Barrierefreie Zugänglichkeit gilt heute, zumindest bei allen Neu- und Umbauten im öffentlichen Bereich einschließlich des öffentlichen Verkehrs, als selbstverständlich. Die barrierefreie Ausstattung ist erforderlich um eingeschränkt mobilen Personen die Nutzung der Verkehrsanlagen zu ermöglichen. Seit 2006 wird dies auch gesetzlich durch das Bundesbehindertengleichstellungsgesetz (BGStG) gefordert.⁷⁹

„Als „eingeschränkt mobile Personen“ (People with Reduced Mobility, PRM) gelten alle Personen, die bei der Nutzung von Zügen oder der zugehörigen Infrastruktur Schwierigkeiten haben. Hierzu zählen folgende Kategorien:

- *Rollstuhlfahrer (Personen, die aufgrund eines Gebrechens oder einer Behinderung einen Rollstuhl zur Fortbewegung verwenden)*
- *Andere eingeschränkt mobile Personen, einschließlich der folgenden:*
 - *Personen mit Gebrechen der Gliedmaßen*
 - *Personen mit Gehproblemen*
 - *Personen mit Kindern*
 - *Personen mit schwerem oder sperrigem Gepäck*
 - *ältere Personen*
 - *Schwangere*
- *Sehbehinderte*
- *Blinde*

⁷⁹ Vgl. Forschungsgesellschaft Mobilität - FGM, 2009, S. 7, 48-50.

- Hörbehinderte
- Gehörlose
- Personen mit beeinträchtigter Kommunikationsfähigkeit (d. h. Personen mit Schwierigkeiten bei der Kommunikation oder beim Verständnis geschriebener oder gesprochener Sprache, einschließlich Ausländern mit mangelnden Kenntnissen der jeweiligen Landessprache, Personen mit Kommunikationsschwierigkeiten, Personen mit Behinderungen der Sinnesorgane und Personen mit psychischen und geistigen Behinderungen)
- Kleinwüchsige (sowie Kinder)

Die Beeinträchtigungen können dauerhaft oder vorübergehend sowie sichtbar oder nicht sichtbar sein.⁸⁰

5.2. Anforderungen an U- und S-Bahnstationen

Haltestellen von U- und S-Bahnen können mit Insel- oder Seitenbahnsteigen ausgestattet sein. (Abbildung 5.1) Seitenbahnsteige erlauben eine geradlinige Trassierung, erfordern jedoch die doppelte Anzahl an Treppen, Aufzügen und sonstigen Einbauten. Inselbahnsteige sind bei Haltestellen mit hohem Verkehrsaufkommen besonders vorteilhaft, da sie dem Fahrgast eine bessere Orientierungsmöglichkeit bieten. Einen Sonderfall stellt die Anordnung von drei Bahnsteigen für zwei Gleise dar. Durch zeitversetztes Öffnen der Türen kann das Ein- und Aussteigen beschleunigt und der Stationsaufenthalt verkürzt werden.⁸¹

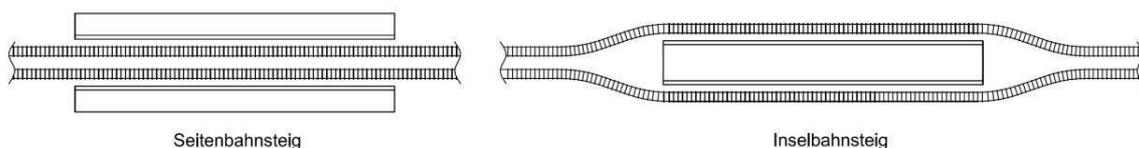


Abbildung 5.1: Bahnsteiganordnung (Eigene Darstellung)

Ausführung und Ausstattung

Jeder Bahnsteig soll mit zwei Treppenanlagen erschlossen sein und über mindestens einen barrierefreien Zugangsweg erreichbar sein. Dieser wird heute in der Regel durch den Einbau von Aufzügen gewährleistet. Es sind bevorzugt Durchlader mit gegenüberliegenden Türen zu verwenden. Aufzüge sollen transparent gestaltet sein, um den Reisenden ein sicheres Gefühl zu bieten und Beschädigungen durch Vandalismus vorzubeugen. An Bahnsteigen mit mittlerem und hohem Fahrgastaufkommen bzw. ab 4,00 m Höhenunterschied sind Fahrtreppen, am besten für beide Richtungen, vorzusehen. Fahrtreppen sind das wirksamste Mittel zur Lenkung von Fahrgastströmen und steigern den Reisekomfort der Fahrgäste.⁸² Die Bahnsteighöhe soll so gewählt werden, dass ein möglichst niveaugleicher Aus- und Einstieg ermöglicht wird. Der Bahnsteig darf in keinem Betriebszustand höher als der Fahrzeugboden liegen. Die Reststufe und Spaltbreite zwischen Bahnsteig und Fahrzeug sollte immer unter 5 cm betragen. Unter erschwerten Bedingungen sind Spaltbreiten bis zu 10 cm bzw. bei Haltestellen im Gleisbogen maximal 25 cm in der

⁸⁰ Amtsblatt der Europäischen Union 2008/164/EG, Anhang: TSI Richtlinie, Teilbereich „Zugänglichkeit für eingeschränkt mobile Personen“, Abschnitt 2.2, 07.03.2008.

⁸¹ Vgl. Steierwald et al., 2005, S. 642.

⁸² Vgl. Rollinger, 2014, S. 287-288.

Mitte der Fahrgasttüren zulässig. Für den Bahnsteig ist ein rutschfester Bodenbelag zu wählen und der geforderte Sicherheitsabstand zur Bahnsteigkante muss mit einem hellen Warnstreifen gekennzeichnet sein. Hindernisse wie Stufen oder Unebenheiten sind nicht zulässig. Vorteilhaft für die Fahrgastwechselzeiten ist die Beschilderung oder die Markierung der Fahrzeugtürpositionen auf dem Bahnsteig.⁸³

Heute wird die Mehrheit der neuen U-Bahnlinien für den vollautomatischen, fahrerlosen Betrieb ausgerüstet. In diesem Fall werden aus Sicherheitsgründen meist Bahnsteigtüren als Abtrennung zwischen Gleis und Bahnsteig eingesetzt.⁸⁴

Ein entsprechender Witterungsschutz und eine gleichmäßige, blendfreie Beleuchtung sind notwendige Maßnahmen für Sicherheit und Komfort der Fahrgäste. Um angenehme Aufenthaltsbedingungen in der Station zu schaffen empfehlen sich neben Sitzgelegenheiten auch Einbauten wie Zugziel- und Wartezeitanzeigen, Informationsvitrinen, digitale Anzeigen zu Informations- und Unterhaltungszwecken sowie Fahrscheinautomaten. Informationsvitrinen sollten Hinweise zum Netz, zur Linienführung, zum Tarif, zum Fahrplan und zur Umgebung beinhalten. Optische Fahrgastinformationen können durch Lautsprecherdurchsagen ergänzt werden. Es muss beachtet werden, dass sämtliche Einbauten den Personenfluss nicht stören. Vorspringende oder freistehende Einbauten sind kontrastreich zu gestalten. Ansprechende Formen und Farbgebung der Aufenthaltsbereiche verbessern die Situation für wartende Fahrgäste.⁸⁵

Entscheidend für die Akzeptanz einer Umsteigebeziehung sind kurze Umsteigewege und ein gut erkenn-, les- und begreifbares sowie zielführendes Orientierungs- und Informationssystem. Dazu zählt zwingend auch ein ausgereiftes Blindenleitsystem durch im Boden eingearbeitete tastbare Leitstreifen und Aufmerksamkeitsfelder.⁸⁶

Abmessungen und Kenngrößen zur Dimensionierung

Die erforderliche Bahnsteiglänge wird durch die größte Länge der haltenden Züge bestimmt. In Europa sind das bei Fernzügen 400 m⁸⁷, bei U-Bahnen meist etwa 80 bis 120 m (Beispiel: Wiener U-Bahn: 115 m)⁸⁸.

Die Bahnsteigbreite ist in erster Linie vom Fahrgastaufkommen während der Hauptverkehrszeiten abhängig. Maßgebend für die Bahnsteigbreite kann auch die Breite der Treppenanlagen sein.⁸⁹ Die Nutzbreite zwischen Bahnsteigkante und Einbauten sollte jedenfalls nicht unter 2 m betragen. Allgemein empfohlene Mindestbreiten sind für Seitenbahnsteige 3 m, für Inselbahnsteige mit Treppen am Bahnsteigende 6 m und mit Treppen innerhalb der nutzbaren Bahnsteiglänge 7 m. Für Orte an denen durch eine ähnlich große Anzahl ein- und aussteigender Fahrgäste gegenläufige Personenströme entstehen können, empfehlen sich bei Seitenbahnsteigen 8 bis 12 m und bei Inselbahnsteigen 12 bis 15 m.⁹⁰

⁸³ Vgl. Steierwald et al., 2005, S. 642, 651-652.

⁸⁴ Vgl. Bergner, 2016.

⁸⁵ Vgl. Steierwald et al., 2005, S. 648, 651.

⁸⁶ Vgl. Steierwald et al., 2005, S. 651-652.

⁸⁷ Vgl. Rollinger, 2014, S. 275.

⁸⁸ Vgl. Ackerl, 2014, S. 37.

⁸⁹ Vgl. Steierwald et al., 2005, S. 642.

⁹⁰ Vgl. Rollinger, 2014, S. 285-287.

Die lichte Höhe im Bahnsteigbereich hat Einfluss auf die Übersichtlichkeit und muss Raum zur Unterbringung von Informations- und Betriebsmitteln ermöglichen. Als Kopffreiraum sollten nicht weniger als 2,30 m gewählt werden.⁹¹

Für barrierefreie Zugangswege wird mindestens eine Durchgangsbreite von 90 cm gefordert.⁹²

Als Breite der Treppenanlage ist ein Vielfaches der Spurbreite von 60 cm (mindestens 2,40 m) zuzüglich einem Zuschlag für Handlauf und Kehrrinne zu wählen. Das Steigungsverhältnis soll zwischen 14,5/33 cm und 16,5/30 cm liegen. Die Kapazität kann pro Meter Treppenbreite mit 60 P/min aufwärts und 75 P/min abwärts angenommen werden. Mindestens alle 12 bis 16 Stufen muss ein Treppenpodest angeordnet werden. Es sind stets beidseitig und bei mehr als 6,00 m Breite auch in der Treppenmitte Handläufe vorzusehen.⁹³

Bei Fahrtreppen wird zwischen ein- und zweispurigen Anlagen unterschieden. Einspurige Fahrtreppen werden in der Regel nur bei beengten Platzverhältnissen verwendet. Zweispurige Fahrtreppen werden bevorzugt, da sie eine Überholmöglichkeit bieten. Die Kapazität von Fahrtreppen liegt bei 50 Personen pro Minute (einspurig) und 85 Personen pro Minute (zweispurig). Die Konstruktionsbreiten unterscheiden sich nach Hersteller und liegen üblicherweise zwischen 1,20 m und 1,65 m. Fahrtreppen sind in der Regel 24,5° geneigt, bei beengten Verhältnissen und größeren Hubhöhen werden 30° Neigung gewählt.⁹⁴

Aufzugskabinen müssen mindestens 1,10 m breit und 1,40 m lang sein, die Türweite darf nicht weniger als 90 cm betragen.⁹⁵ Typische Kabinen haben ein Fassungsvermögen zwischen 6 und 20 Personen. Die Leistungsfähigkeit von Liftanlagen ist auch abhängig von der Geschwindigkeit, der Höhendifferenz und der Anzahl an Zwischenstationen. Die Fahrgeschwindigkeit liegt meist zwischen 1,0 und 2,5 m/s, Hochleistungsaufzüge können bis zu 15 m/s erreichen.⁹⁶

Eine angemessene Dimensionierung der Zu- und Abgänge kann Wartezeiten und Staubildung im Bereich von Zugangskontrollen, Treppen, Fahrtreppen und Aufzügen gering halten.⁹⁷ Maßgebend für Bahnsteigs-, Zugangs- und Treppenbreite ist stets der Evakuierungsfall. Für diesen wird eine bestimmte Bahnsteigräumzeit gefordert welche nicht überschritten werden darf. Zum Beispiel fordert die deutsche Bahn auf ihren Bahnhöfen zwischen 120 und 180 Sekunden, bei hochfrequentierten S-Bahnen 90 Sekunden.⁹⁸

5.3. Anforderungen an Bus- und Straßenbahnstationen

Bei Haltestellen von Bus und Straßenbahn wird zwischen End- und Zwischenhaltestellen sowie Einfach- und Mehrfachhaltestellen unterschieden. Endhaltestellen weisen einen höheren Platzbedarf als Zwischenhaltestellen auf, da sie auch Warte- und Umkehrflächen für die Fahrzeuge erfordern. Mehrfachhaltestellen können nebeneinander oder hintereinander angeordnet sein. Sie ermöglichen eine Beschleunigung des Betriebs, da ankommende Fahrzeuge nicht auf die Räumung

⁹¹ Vgl. Steierwald et al., 2005, S. 642, 652.

⁹² Vgl. Steierwald et al., 2005, S. 651.

⁹³ Vgl. Rollinger, 2014, S. 288.

⁹⁴ Vgl. Rollinger, 2014, S. 289.

⁹⁵ Vgl. Steierwald et al., 2005, S. 651.

⁹⁶ Vgl. Weidmann et al., 2013, S. 176-177.

⁹⁷ Vgl. Weidmann et al., 2013, S. 149.

⁹⁸ Vgl. Ingenieurgesellschaft für Verkehrs- und Eisenbahnwesen mbH, 2015, S. 7.

der Haltestelle durch ein abfahrendes Fahrzeug warten müssen. Haltestellen sind so anzuordnen, dass eine sichere und flüssige Verkehrsabwicklung gewährleistet ist. Sie sollen an übersichtlichen Stellen in der Geraden liegen. Haltestellen in Krümmungen sind zu vermeiden. Bei Umsteigehaltestellen ist auf kurze, sichere und übersichtliche Umsteigewege zu achten. An Straßenknoten und Fußgängerübergängen sollen freie Sichträume vorhanden sein. An Kreuzungen ohne Lichtsignalanlagen werden Haltestellen in der Regel hinter dem Knotenpunkt angelegt. So wird das Sichtfeld für querende Fußgänger nicht durch haltende Fahrzeuge beeinträchtigt. Bei koordinierter Lichtsignalsteuerung ist es vorteilhaft die Haltestelle vor dem Knotenpunkt anzuordnen. Dies erfordert unter Umständen besondere Maßnahmen wie eine zurückgesetzte Haltelinie für den Individualverkehr und ein Sondersignal für den Öffentlichen Verkehr. Auf Streckenabschnitten mit grüner Welle kann es auch günstig sein, die Haltestellen abwechselnd vor und hinter Knotenpunkten anzuordnen.^{99 100}

Haltestellen im Straßenraum werden nach ihrer geometrischen Anordnung (Abbildung 5.2) unterschieden in:

- Randhaltestellen
 - Randhaltestelle
 - Kaphaltestelle
 - Busbucht
- Fahrbahnhaltestellen
- Inselhaltestellen

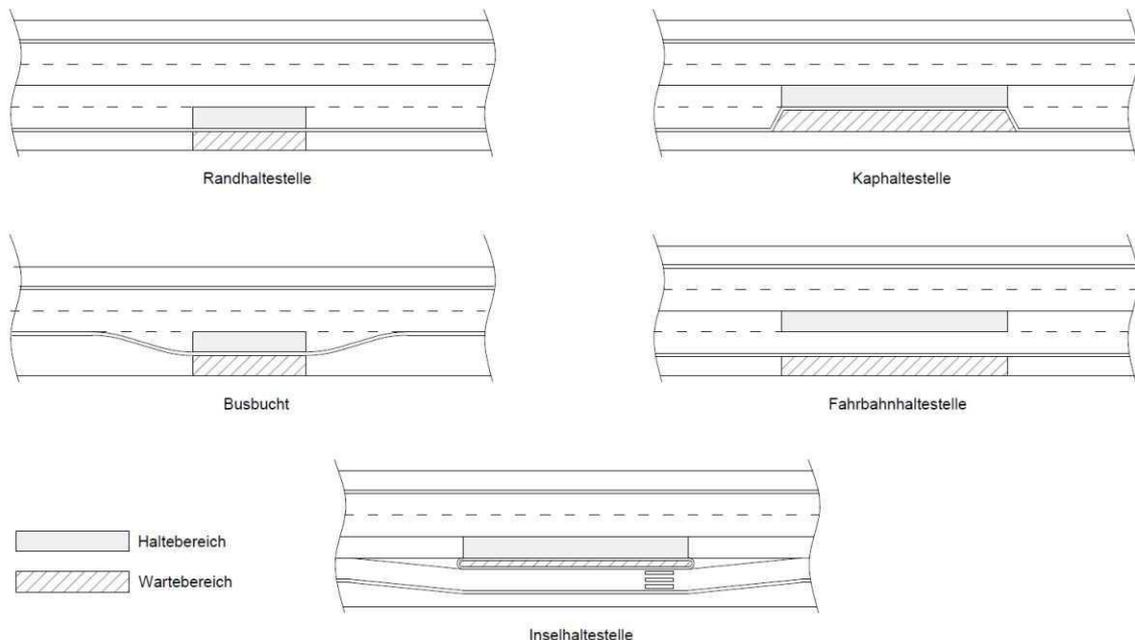


Abbildung 5.2: Bus- und Straßenbahnhaltestellen (Eigene Darstellung, Quelle: Rollinger, 2014)

Als **Randhaltestellen** werden Haltestellen am Fahrbahnrand bezeichnet. Sie sind die für Fahrgäste sicherste Haltestellenart, da die Fahrbahn weder für den Zu- und Abgang noch zum Fahrgastwechsel betreten werden muss. In Randhaltestellen ist

⁹⁹ Vgl. Rollinger, 2014, S. 293.

¹⁰⁰ Vgl. Steierwald et al., 2005, S. 645.

eine rasche Abwicklung des Fahrgastwechsels möglich. Die Fahrzeuge können die Haltestelle geradlinig anfahren und wieder verlassen. Das Wiedereinordnen in den Fließverkehr entfällt. Randhaltestellen können mit und ohne Vorbeifahrt für den Individualverkehr ausgeführt werden. Haltestellen am Fahrbahnrand müssen mindestens 30 m vom Knotenpunkten entfernt sein, um eine Aufstellfläche für abbiegende Fahrzeuge sowie gute Sichtverhältnisse zu bieten.^{101 102}

Kaphaltestellen sind Randhaltestellen bei denen der Gehsteig zur Fahrbahnmitte vorgezogen ist. Wie bei der einfachen Randhaltestelle kann die Haltestelle geradlinig angefahren und wieder verlassen werden. Die Form der Haltestelle erleichtert jedoch das Freihalten des Haltebereichs von vorschriftswidrig parkenden Fahrzeugen. Durch die große Tiefe der Wartefläche können Einrichtungen für Fahrgäste, insbesondere Wetterschutz, leichter untergebracht werden. Voraussetzung für die Ausführung einer Kaphaltestelle sind kurze Aufenthaltszeiten. Endhaltestellen oder Haltestellen an denen planmäßig Anschlüsse abgewartet werden müssen sind nicht geeignet.¹⁰³

Der Haltestellentyp **Busbucht** ist nur für Busse geeignet. Es kann am haltenden Fahrzeug ohne Fahrstreifenwechsel vorbeigefahren werden. Eine Busbucht ist an Haltestellen erforderlich, wo längere Aufenthalte zu erwarten sind. Dies ist zum Beispiel an Endpunkten und an Haltestellen mit starkem Fahrgastaufkommen der Fall. Auch eine Anordnung direkt hinter oder vor signalgeregelten Knotenpunkten ist möglich. Im Gegensatz zu den anderen Haltestellen haben Busbuchten einen höheren Flächenbedarf. Die S-förmige Kurve bei Ein- und Ausfahrt wirkt auf die Passagiere im Fahrzeug unangenehm. Das Wiedereinfädeln in den fließenden Verkehr stellt ein potentiellies Unfallrisiko dar und kann mit Wartezeiten verbunden sein.¹⁰⁴

Bei **Fahrbahnhaltestellen** befindet sich das Gleis oder die Busspur in der Fahrbahnmitte. Der Fahrgastwechsel findet auf der Fahrbahn statt, wodurch sich eine Gefährdung der Passagiere und eine lange Fahrgastwechselzeit ergeben. Unterschieden wird in Haltestellen mit und ohne Fahrbahnanhebung. Bei Haltestellen mit Fahrbahnanhebung wird der Individualverkehr durch die Anrampung gebremst und vor den querenden Fußgehern gewarnt. Für die Fahrgäste besteht, im Vergleich zu Haltestellen ohne Fahrbahnanhebung, der Vorteil einer erhöhten Bahnsteigkante zum Ein- und Aussteigen aus dem Verkehrsmittel. Fahrbahnhaltestellen können durch eine Zeitinsel ergänzt werden. Als Zeitinsel wird ein Bereich der Fahrbahn bezeichnet, der durch eine Signalanlage gesichert wird, die den fließenden Verkehr bei Einfahrt des öffentlichen Verkehrsmittels anhält.¹⁰⁵

Wie bei Fahrbahnhaltestellen liegt die Spur des ÖV bei **Inselhaltestellen** in der Fahrbahnmitte. Es ist jedoch eine Fläche zwischen den Fahrstreifen von ÖV und MIV als Fahrgastwechsel- und Wartebereich reserviert. Der Vorteil von Inselhaltestellen liegt darin, dass sie eine rasche Abwicklung des Fahrgastwechsels ermöglichen und gleichzeitig den Individualverkehr kaum beeinträchtigen. Nachteilig ist, dass der Fahrgast zum Erreichen der Haltestelle die Fahrbahn überqueren muss. Der Zugangsbereich ist als Gehsteigabsenkung oder Fahrbahnerhöhung auszuführen. Die ausreichende Dimensionierung von Inselhaltestellen ist besonders wichtig, da die

¹⁰¹ Vgl. Steierwald et al., 2005, S. 647.

¹⁰² Vgl. Rollinger, 2014, S. 295-296.

¹⁰³ Vgl. Rollinger, 2014, S. 296-298.

¹⁰⁴ Vgl. Rollinger, 2014, S. 298.

¹⁰⁵ Vgl. Rollinger, 2014, S. 300-302.

Fahrgäste bei unzureichender Bemessung auf die Fahrbahn ausweichen müssen. Auch Inselhaltestellen können zusätzlich durch eine Zeitinsel ergänzt werden.¹⁰⁶

Ausführung und Ausstattung

Die Fahrgastaufstellflächen von Bus- und Straßenbahnstationen sollen sich durch entsprechenden Belag oder Farbe vom übrigen Gehsteig unterscheiden. Die Flächen müssen rutschfest sowie zur Entwässerung leicht geneigt sein. Haltestellen sind so zu entwässern, dass Oberflächenwasser rasch abfließen kann und wartende Fahrgäste nicht von vorbeifahrenden Fahrzeugen bespritzt werden. Auch die Fahrbahn ist im Haltestellenbereich möglichst durch eine veränderte Deckengestaltung hervorzuheben. Der Fahrbahnaufbau in Bushaltestellen muss der erhöhten Belastung standhalten, wofür sich Pflaster- oder Betonbauweisen empfehlen. Zur Schonung der Reifen sind Bordsteine mit stumpf abgeschrägten Kanten einzusetzen. Die ÖPNV-Haltestellen müssen klar gekennzeichnet sein, um vorschriftswidriges Parken von Fahrzeugen zu verhindern. Die Fahrgastaufstellfläche ist von betriebsfremden Einrichtungen wie Werbetafeln freizuhalten. Betriebsnotwendige Einrichtungen wie Kennzeichnung, Fahrausweisautomaten oder Abfallbehälter dürfen den Fahrgastwechsel nicht behindern. Besonders bei höherem Fahrgastaufkommen führen Mängel wie unzureichende Stationsbemessung, einseitige Zu- und Abgangsmöglichkeiten, Hindernisse im Haltestellenbereich oder große Einstiegshöhen zu einer Verzögerung des Fahrgastwechsels, des Haltestellenaufenthalts und letztlich der Reisezeit. Die Haltestellenausstattung muss robust gegen Gewalteinwirkung durch Vandalismus sowie witterungsbeständig, wartungsfreundlich und leicht zu reinigen sein. Darüber hinaus muss sie den Anforderungen von Behinderten und älteren Personen genügen. Zur Kennzeichnung und Information sollen Haltestellenzeichen, Haltestellenname, Liniennummer mit Fahrziel, Fahrplan, Linienübersicht, Tarife und Name bzw. Symbol des Verkehrsunternehmens dargestellt werden. Zur Übermittlung von aktuellen Informationen wie Eintreffen des nächsten Verkehrsmittels oder Störungen und Ausweichrouten, können Lautsprecher oder digitale Anzeigen installiert werden. Bei Fahrscheinautomaten sind vor jedem Gerät mindestens 1,20 m Breite und 1,00 m Tiefe als Bewegungsraum freizuhalten. Es sind möglichst bei allen Bus- und Straßenbahnhaltestellen Wetterschutzeinrichtungen sowie Sitzgelegenheiten (im witterungsgeschützten Bereich) vorzusehen. Alle Bereiche der Haltestellen sollen zu jeder Zeit gut beleuchtet sein. Reicht die Umgebungsbeleuchtung zur Erkennbarkeit der Haltestelle und Lesbarkeit der Fahrgastinformationen nicht aus, so ist eine zusätzliche Eigenbeleuchtung vorzusehen.¹⁰⁷

Um den Radverkehr möglichst konfliktfrei an den Haltestellen des ÖPNV vorbeiführen zu können, ist es notwendig, die einzelnen Verkehrsflächen so zu gestalten, dass Behinderungen zwischen Fahrgästen, motorisiertem Verkehr und Fahrrädern auf ein Minimum reduziert werden. Zur Verdeutlichung der Radverkehrsflächen im Haltestellenbereich sind vermehrt Fahrradsymbole als Bodenmarkierung aufzubringen. Im Idealfall wird der Radweg hinter der Fahrgastaufstellfläche bzw. Wetterschutzeinrichtung vorbeigeführt, wo auch ein Schutzgeländer in ausreichender Länge angeordnet werden sollte. Der Radweg ist baulich getrennt und um 3 cm vertieft gegenüber den Fußgängerbereichen

¹⁰⁶ Vgl. Rollinger, 2014, S. 298-299, 302.

¹⁰⁷ Vgl. Rollinger, 2014, S. 302-305.

auszubilden. Eine solche Kante ist deutlich sichtbar sowie tastbar und dennoch für alle Fahrgäste leicht zu überwinden.¹⁰⁸

Abmessungen und Kenngrößen zur Dimensionierung

Die erforderliche Länge der Warteflächen von Bus- und Straßenbahnstationen ergibt sich durch die eingesetzten Fahrzeuge und einem Zuschlag für ungenaues Halten sowie durch die Haltestellenart. Straßenbahnen werden meist mit etwa 40 bis 50 m langen Fahrzeugen betrieben, wobei auf großteils abgetrennten Strecken auch längere Fahrzeuge zum Einsatz kommen können. Normalbusse sind etwa 12 m lang, Gelenkbusse etwa 18 m.¹⁰⁹ Während Kaphaltestellen kaum länger als die eingesetzten Fahrzeuge sein müssen, kann der Platzbedarf bei einfachen Randhaltestellen bis zu 56 m und bei Busbuchten bis zu 67 m Länge betragen.¹¹⁰ Hintereinander liegende Bushaltestellen sind so zu bemessen, dass ein sicheres und unabhängiges Ein- und Ausfahren der Busse möglich ist. Die erforderliche Breite von Haltestellen und Bahnsteigen hängt von der zu erwartenden Fahrgastfrequenz ab und beträgt mindestens 1,50 m. Für Haltestellen mit schwacher und mittlerer Frequenz (≤ 5 Fahrgäste je Türspur) werden 2,00 bis 2,50 m Breite empfohlen, für Haltestellen mit starker Frequenz (> 5 Fahrgäste je Türspur) 3,50 m oder mehr. In stark frequentierten Umsteigestationen bzw. Stationen mit Personenströmen in Längsrichtung sollte die Breite 4,25 m betragen. Es ist stets die Möglichkeit zur Aufstellung eines Fahrgastunterstandes zu berücksichtigen. Abstand und Höhe der Bahnsteig- bzw. Gehsteigkanten zur Fahrspur richten sich nach den eingesetzten Fahrzeugen. Bei Bussen sind die Warteflächen in der Regel um etwa 15 cm erhöht, wobei sicherzustellen ist, dass ein Aufsetzen des Fahrzeuges bei allfälligem Überschwenken ausgeschlossen ist. In Straßenbahnstationen sollte eine Längsneigung von 1 % nicht überschritten werden. Generell darf die Längsneigung in Haltestellen nicht mehr als 3 % betragen. Größere Neigungen können bei ungünstigen Fahrbahnbedingungen wie Regen oder Schnee auch für Busse problematisch sein, sodass die Geschwindigkeit des übrigen Fließverkehrs nur schwer erreicht werden kann.¹¹¹

5.4. Anforderungen an Seilbahnstationen im ÖPNV

Als Regelwerk zur Ausführung von Seilbahnstationen ist ÖNORM EN 12929 (Sicherheitsanforderungen für Seilbahnen für den Personenverkehr) bekannt. In der Norm wird jedoch nicht zwischen Anlagen für den Wintersport und Anlagen für den ÖPNV unterschieden. Ein Großteil der enthaltenen Bestimmungen bezieht sich auf Schlepp- und Sessellifte.

Im Unterschied zum Tourismus, wo der Erlebniswert im Vordergrund steht, wird von Seilbahnen im ÖPNV Alltagstauglichkeit gefordert. Die Fahrgäste sind nicht als Konsumenten sondern als Bürger zu sehen, für die in der Benützung der Seilbahn eine Notwendigkeit besteht. Bei Knotenpunkten wird die Integration von Fuß- und Fahrradwegen, Bus, Straßenbahn oder U-/S-Bahn gefordert, während die Fahrgäste im touristischen Bereich großteils mit Pkws und Reisebussen anreisen. Auch die Position der Anlagenbetreiber ist im ÖPNV eine andere, da sie im öffentlichen Interesse agieren. Die Ausführung von Stationen, Stützen und Kabinen muss an die urbanen Gegebenheiten angepasst werden. Einstiegsbereiche und Erschließungs-

¹⁰⁸ Vgl. Rollinger, 2014, S. 305-306.

¹⁰⁹ Steierwald et al., 2005, S. 512.

¹¹⁰ Steierwald et al., 2005, S. 647.

¹¹¹ Vgl. Rollinger, 2014, S. 294-295.

wege sind wie im ÖPNV üblich zu gestalten. Die Möglichkeit Fahrräder, Rollstühle und Kinderwagen zu transportieren muss selbstverständlich gegeben sein, wie es auch bei allen anderen öffentlichen Verkehrsmitteln zu erwarten ist.¹¹²

Seilbahnstationen werden üblicherweise entweder auf Bodenniveau oder in Hochlage errichtet. Auf Bodenniveau ist vor der Stationsausfahrt stets ein Sicherheitsbereich freizuhalten, welcher bis dahin reicht, wo die Fahrzeuge einen ausreichenden Bodenabstand einhalten, um keine Fußgeher zu gefährden. Dieser Bereich muss durch eine geeignete Abtrennung, wie etwa einen Zaun, gesichert sein, um auch unerlaubten Zutritt zur Stationsein- und -ausfahrt und Beschädigungen durch Vandalismus zu verhindern. Analog zu Bahnstationen stellt die Seilbahntrasse eine permanente Gebäudeöffnung dar. Die erforderliche Raumhöhe im Bereich der Seilbahn ist von der Bauart abhängig und liegt bei mindestens 7 m¹¹³ (Einseilumlaufbahn).

Im urbanen Raum weisen Stationen in Hochlage zwei wesentliche Vorteile auf: Bei ausreichender Höhe kann der freizuhaltende Bereich vor der Station entfallen, d.h. der Flächenbedarf ist kleiner. Weiters kann die Absperrung durch einen Zaun entfallen. Zäune lassen die Umgebung oft weniger freundlich und sicher wirken, Gebäude hingegen sind besser als Abgrenzung im öffentlichen Raum geeignet. In diesem Sinne können Seilbahnstationen auch in direktem Kontakt mit bestehenden oder zukünftigen Nachbargebäuden errichtet werden. (Abbildung 5.3) Das Stationsgebäude kann, neben den Räumlichkeiten der Seilbahn, Platz für verschiedene öffentliche Einrichtungen bieten. Wie bei anderen ÖPNV-Systemen gewinnt die Stationsumgebung bei entsprechender Fahrgastfrequenz an Attraktivität für Gastronomie und Einzelhandel.¹¹⁴

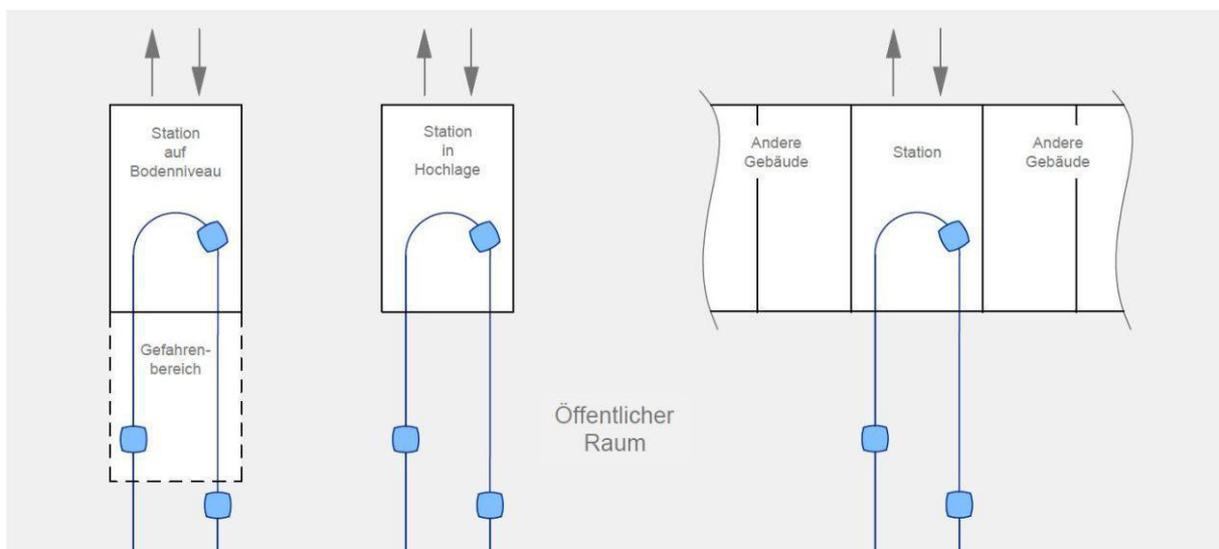


Abbildung 5.3: Seilbahnstation auf Bodenniveau, in Hochlage und zwischen anderen Gebäuden
(Eigene Darstellung, Quelle: Fiedler, 2015)

Durch den Einsatz einer schrägen Rampenförderung ergibt sich die Möglichkeit, Fahrzeuge trotz Stationsausführung in Hochlage zum Ein- und Ausstieg auf Bodenniveau abzusenken. (Abbildung 5.4) Ein Absenken über mehrere Etagen, aber auch horizontale Verschwenkungen oder Richtungsänderungen sind möglich, was

¹¹² Vgl. Fiedler, 2016b.

¹¹³ Vgl. Dale et al., 2013, S. 33.

¹¹⁴ Vgl. Fiedler, 2015.

eine flexible Stationsgestaltung und den Verzicht auf Treppen und Lifte ermöglicht.¹¹⁵ Durch längere Umläufe in den Stationen (d.h. bei geringer Geschwindigkeit) ergibt sich jedoch auch eine entsprechende Fahrzeitverlängerung. Die maximale Fördergeschwindigkeit in der Station liegt generell bei 0,50 m/s und am Bahnsteig bei 0,2 m/s.¹¹⁶ Bei einer Fahrgeschwindigkeit von 5 m/s liegt die Verzögerung in der Station somit bei etwa 18 bis 48 s pro 10 m Umlauflänge.

Bei der Planung von Seilbahnstationen ist darauf zu achten, dass Verkehrswege für Fahrgäste und Personal bei allen Witterungsverhältnissen sicher benutzbar sind. Die Verkehrswege für Passagiere sind, mit Ausnahme von Ein- und Ausstiegsbereich, außerhalb des Lichtraumprofils der Fahrzeuge anzulegen. Optische Hinweise zur Lenkung der beförderten Personen sind vorzusehen. Für den Seilbahnbetrieb wichtige Bereiche wie Einstieg, Ausstieg, Wartebereich und der Lichtraum von ein- und ausfahrenden Fahrzeugen sind zu kennzeichnen.¹¹⁷

Sind Zugangskontrollen vorgesehen, sollten diese innerhalb des Stationsgebäudes möglichst nahe bei den Bahnsteigen angebracht werden. So können sich die Fahrgäste auch bei Bildung einer längeren Warteschlange im Gebäude aufhalten. Außerdem kann die Anzahl der Personen auf dem Bahnsteig genauer geregelt werden, was einen entscheidenden Vorteil für die Sicherheit beim Ein- und Aussteigen darstellt. Zugangskontrollen können auch nur aus diesem Grund vorgesehen werden und verlangen nicht zwingend eine zusätzliche Ticketkontrolle. Derartige Lösungen sind zum Beispiel denkbar, wenn auch im restlichen ÖV-Netz keine Ticketkontrollen durchgeführt werden oder wenn sich ohnehin Ticketkontrollen am Eingang des Verkehrsknotens befinden. Werden Zugangsbarrieren eingesetzt, so müssen sie auf der Ein- und Ausstiegseite vorgesehen sein, um zu verhindern, dass die Station durch den Ausgang betreten werden kann. Auf der Ausstiegseite können die Barrieren weiter vom Bahnsteig entfernt sein. Es muss ein ausreichend großer Pufferraum zwischen dem Ausstieg aus der Bahn und den Ausgangsdrehkreuzen vorhanden sein.¹¹⁸

Bahnsteige müssen nicht zwingend in Ein- und Ausstieg unterteilt sein. Bei Umlaufbahnen kann eine ähnliche Situation wie auf U-/S-Bahnsteigen geschaffen werden, wo Fahrgäste im selben Bereich in die Gondeln ein- und aussteigen. (Abbildung 5.5) Eine zwanglose Organisation wie diese ist attraktiv für die Fahrgäste und kann oft effektiver sein als die Trennung von Ein- und Ausstieg. Labyrinthsysteme zur Leitung von Warteschlangen, wie sie aus dem Wintersport bekannt sind, eignen sich nicht für die Anwendung im ÖPNV. Sie wirken als Barriere, nehmen den Passagieren die Möglichkeit zu Autonomie und Selbstorganisation und können eine Reisezeitverlängerung herbeiführen. Durch den Verzicht auf leitende Einrichtungen kann die soziale Kompetenz der Fahrgäste angesprochen und geschult werden.¹¹⁹

¹¹⁵ Vgl. Monheim et al., 2010, S. 58.

¹¹⁶ Vgl. Fiedler, 2016d.

¹¹⁷ Vgl. ÖNORM EN 12929-1:2004, S. 29-30.

¹¹⁸ Vgl. Fiedler, 2015.

¹¹⁹ Vgl. Ebd.

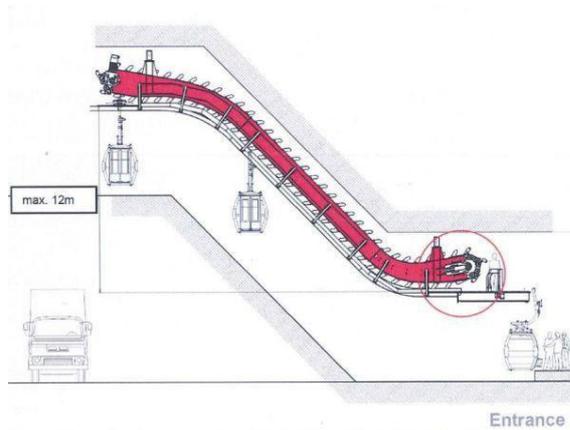


Abbildung 5.4: Prinzipskizze Rampenförderung
(Quelle: Monheim et al., 2010, S. 58)



Abbildung 5.5: Mögliche Bahnsteigausführung
(Quelle: Fiedler, 2016b, Folie 26)

In der Station sollten einsteigende Fahrgäste gegen die Fahrtrichtung auf die Gondeln zugehen. Es hat sich gezeigt, dass so eine höhere Füllungsrate der Fahrzeuge erreicht wird. Kommen die Passagiere in Fahrtrichtung der Gondeln zum Einstieg, tendieren sie oft dazu auf das nächste einfahrende Fahrzeug zu warten, da dieses als weniger voll erwartet wird. In Endstationen ist oft ein Bahnsteig ausreichend, da diese in der Regel nicht durchfahren werden und nur eine mögliche Fahrtrichtung bieten. Der Ausgang oder die aus der Station führenden Treppen und Lifte sollten für aussteigende Fahrgäste sofort erkennbar sein. Die beste Sichtbarkeit ergibt sich bei der Anordnung in Fahrtrichtung. Soweit möglich sollten Bahnsteige auch in Umkehrstationen in der Geraden angeordnet werden. Bahnsteige an der Bogenaußenseite verlangen eine geringere Durchfahrsgeschwindigkeit, da sich die Türen der Fahrzeuge aus geometrischen Gründen schneller als die Fahrzeugmitte bewegen.¹²⁰ Bei einem gemeinsamen Bahnsteig für Ein- und Ausstieg kann eine Anordnung im Bogen dennoch erforderlich sein um eine zu lange Umlaufzeit vor oder nach dem Bahnsteig zu vermeiden. In Endstationen mit getrennten Ein- und Ausstiegsbahnsteigen sollten Stationsein- und -ausgang zusammengefasst werden. Reine Stationsausgänge sind bei geringem Fahrgastaufkommen einsam und sind oft weniger gut einsichtig als der Stationszugang.¹²¹ (Abbildung 5.6)

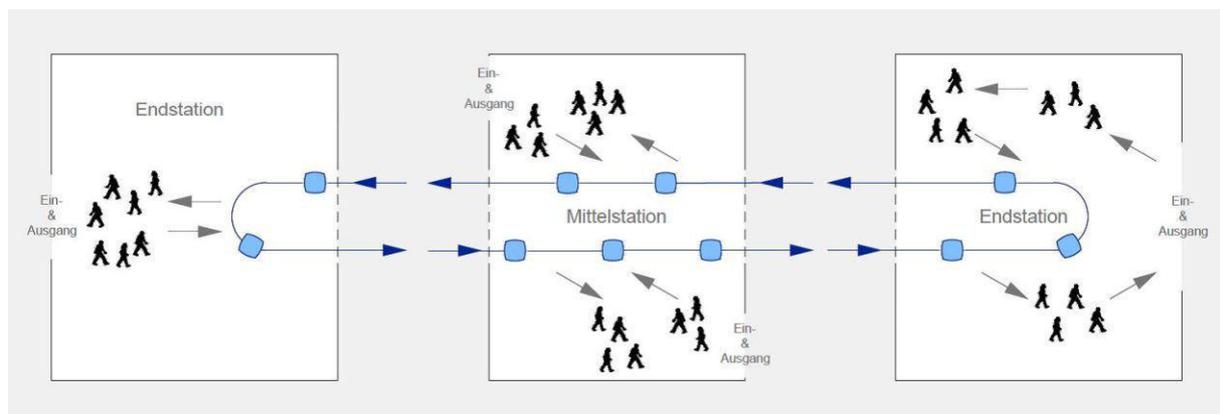


Abbildung 5.6: Mögliche Anordnung von Zu- und Abgang in Seilbahnstationen (Eigene Darstellung)

Bei Arbeits- und Verkehrsbereichen des Personals muss ein seitlicher Mindestabstand von 50 cm zum Grenzprofil der Fahrzeuge eingehalten werden. Die

¹²⁰ Vgl. Fiedler, 2016c.

¹²¹ Vgl. Fiedler, 2015.

Abmessungen des Wartebereiches und des Zuganges zum Bahnsteig sowie des Ankunftsbereiches und des Abganges vom Bahnsteig müssen auf die Förderleistung der Seilbahn und den Fassungsraum der Fahrzeuge abgestimmt sein. Die minimale Breite der Verkehrswege darf für Fahrgäste 1,25 m und für Personal 60 cm nicht unterschreiten. Die lichte Höhe über den Verkehrswegen muss im Allgemeinen mindestens 2,50 m betragen. Seitliche Abgrenzungen sind glattflächig herzustellen, sodass ein Hängenbleiben an Stationseinrichtungen vermieden wird. Außerdem ist ein rutschfester Bodenbelag zu wählen.¹²²

Bei Umlaufbahnen ist keine Abschränkung zwischen Fahrweg und Bahnsteig vorhanden. Die Bahnsteigkanten sind „in einer bei öffentlichen Verkehrsmitteln üblichen Weise“¹²³, d.h. etwa durch einen deutlich sichtbaren Warnstreifen am Boden, zu kennzeichnen. Bei niveaugleichem Einstieg darf der horizontale Abstand zwischen Fahrzeug und Bahnsteigkante nicht mehr als 5 cm betragen. Um einen barrierefreien Zugang zu gewährleisten, dürfen keine Stufen mit mehr als 2 cm Höhe vorhanden sein. Die Fahrgeschwindigkeit beim Ein- und Aussteigen darf nicht mehr als 0,2 m/s betragen.¹²⁴ Für die Überwindung von Niveauunterschieden sind Aufzüge vorzusehen. Nur bei geringen Höhenänderungen von weniger als einer Etage können Rampen ausreichen. Zugangskontrollen oder ihre Umgehungen müssen eine Durchgangsbreite von mindestens 90 cm aufweisen. Die Ein- und Ausfahrten von Stationen in Hochlage stellen eine ungesicherte Absturzkante dar. Da im Lichtraumprofil der Fahrzeuge kein Geländer errichtet werden kann, muss zur Absicherung unter der Absturzkante ein Fangnetz angebracht werden.¹²⁵

Die minimalen Stationsabmessungen sind von der gewählten Bauart abhängig. Einseilumlaufbahnen erlauben die kompaktesten Stationen. 2S-, 3S- und Funitel-Bahnen brauchen aufgrund der höheren Fahrgeschwindigkeit, der größeren Fahrzeuge sowie der aufwendigeren Seilführung mehr Platz. Neben dem Platzbedarf durch die Seilbahntechnik ist die Stationsgröße maßgeblich von der Stationsart (Zwischenstation, Zwischenstation mit Richtungsänderung, Endstation, Umsteigestation), der Ausstattung (z.B. Garagierung, Rampenförderung) und der geforderten Kapazität abhängig.¹²⁶

5.5. Zusammenfassung und Vergleich

Werden Seilbahnen als Verkehrsmittel im urbanen Raum eingesetzt, so müssen Ausstattungsstandards und Stationsgestaltung den Fahrgastansprüchen des ÖPNV gerecht werden. Um eine weitgehende Akzeptanz der Seilbahn als Verkehrsmittel im ÖPNV zu erreichen, muss besonders auf hochwertige intermodale Verknüpfungen und eine vollwertige Integration in das ÖPNV-Gesamtsystem geachtet werden. Allgemeine Anforderungen an Aufenthaltsbereiche und Transferbereiche in Umsteigeknoten sind daher auch für Seilbahnstationen gültig. Auch die Forderung der barrierefreien Zugänglichkeit hat - wie in allen öffentlichen Gebäuden - Gültigkeit. Tabelle 5.7 gibt einen Überblick über die unterschiedlichen Systemeigenschaften der untersuchten Verkehrsmittel.

¹²² Vgl. ÖNORM EN 12929-1:2004, S. 30-31.

¹²³ ÖNORM EN 12929-1:2004, S. 30.

¹²⁴ Vgl. Fiedler, 2016c.

¹²⁵ Vgl. ÖNORM EN 12929-1:2004, S. 30-31.

¹²⁶ Vgl. Dale et al., 2013, S. 33.

Systemeigenschaften	U-/S-Bahn	Bus / Tram	Seilbahn
Leistungsfähigkeit [P/h]	10.000 - 70.000	2.400 - 15.000	2.000 - 6.000
Fahrzeugkapazität [P]	140 - 2.400	40 - 500	10 - 35
Max. Fahrgeschwindigkeit [km/h]	80 - 100	40 - 70	18 - 31
Reisegeschwindigkeit [km/h]	25 - 80	12 - 25	14 - 27
Betrieb	Intervall	Intervall	Kontinuierlich
Stationsabstand [m]	500 - 1.500	200 - 600	500 - 1.500
Übliche Linienlänge [km]	ab 10	bis 15	bis 7

Tabelle 5.7: Systemeigenschaften¹²⁷ (Eigene Darstellung)

Da jede Zwischenstation bei Seilbahnen eine Fahrtzeitverzögerung sowie erhebliche Mehrkosten mit sich bringt, empfehlen sich größere Stationsabstände, ähnlich wie bei U- und S-Bahn-Systemen.¹²⁸

Tabelle 5.8 fasst die wesentlichen Forderungen an Umsteigeknoten sowie die Forderungen an U- und S-Bahn-, Bus- und Straßenbahn- und Seilbahnstationen zusammen. Es zeigt sich, dass sich die meisten Ausstattungsstandards und -empfehlungen der restlichen Verkehrsmittel auch für die Anwendung in Seilbahnstationen empfehlen lassen, da sie in der Regel höheren Komfort oder mehr Sicherheit für die Fahrgäste bedeuten. Einige Angaben, wie zum Beispiel zu Beleuchtung, Signalisierung oder Witterungsschutz, sind in ähnlicher Weise in den Richtlinien mehrerer Verkehrssysteme enthalten.

Als deutlichstes Unterscheidungsmerkmal ist die Bahnsteiglänge zu nennen. Während diese bei U- und S-Bahn bis zu 120 m beträgt, liegt sie bei Bus und Straßenbahn zwischen 15 und 50 m, bei Seilbahnen jedoch in der Regel unter 20 m. Die großen Unterschiede erklären sich zum einen dadurch, dass die Leistungsfähigkeit bzw. die Fahrzeugkapazität von Seilbahnen deutlich geringer ist als jene von U-/S-Bahnen und zum anderen durch die Eigenschaften der Seilbahn als Stetigförderer. Während sich bei gleichbleibendem Fahrgastaufkommen die Anzahl der Personen auf dem Bahnsteig von Seilbahnen im Umlaufbetrieb kaum verändert, ist diese bei Verkehrsmitteln im Intervall- und Fahrplanbetrieb während der Fahrzeugabfertigung größer als zwischen dem Abfahren und Eintreffen der Fahrzeuge. Verkehrssysteme im nicht kontinuierlichen Betrieb verlangen daher bei gleicher Leistungsfähigkeit größere Bahnsteige als Systeme im kontinuierlichen Betrieb.

¹²⁷ Vgl. Kehler, 2013, S. 44-45, 47; Rollinger, 2014, S. 26.

¹²⁸ Vgl. Wagner, 2012, S. 32.

5 Umsteigeknoten im ÖPNV

Anforderung an die Planung	U-/S-Bahn	Bus / Tram	Seilbahn	Kommentar
Bemessung aller Verkehrsflächen im Regelbetrieb auf LoS A, unter keinen Umständen auf LoS F	✓	✓	✓	Allgemeine Anforderung.
Ansprechende, transparente und geräumige Gestaltung	✓	✓	✓	Allgemeine Anforderung.
Kurze Umsteigewege	✓	✓	✓	Allgemeine Anforderung.
Gutes Orientierungs- und Informationssystem, durchgängiges Blindenleitsystem	✓	✓	✓	Allgemeine Anforderung.
Witterungsschutz für Verkehrswege und Aufenthaltsbereiche	✓	~	✓	Bei Haltestellen im Straßenraum wird nur ein witterungsgeschützter Wartebereich gefordert.
Zugangskontrollen innerhalb des Stationsgebäudes	+	✗	✓	Bei Bus und Tram ist oft kein Stationsgebäude vorhanden.
Längsneigung in Haltestellen < 3 %	+	✓	✗	Seilbahnen können große Steigungen bewältigen und erlauben große Änderungen der Längsneigung, daher können auch auf Steigungsstrecken ebene Stationen errichtet werden.
Haltestellen in Krümmungen vermeiden	+	✓	~	Seilbahnen können in der Station eine Richtungsänderung erfahren, die Bahnsteige sollten aber davor oder danach, in der Geraden ausgeführt werden.
Geometrische Anforderung	U-/S-Bahn	Bus / Tram	Seilbahn	Kommentar
Bahnsteiglänge [m]	80-120	15-50	< 10	Bei U-/S-Bahn und Bus/Tram maßgeblich abhängig von der Fahrzeuglänge, bei Seilbahnen von Fahrzeugkapazität und Intervall.
Min. Bahnsteigbreite [m]	3	1,50	k.A.	Nach Leistungsfähigkeit des Verkehrsmittels zu bemessen.
Kopffreiraum > 2,30 m / Lichte Höhe über Verkehrswegen > 2,50 m	✓	+	✓	
Verkehrswege breiter als 1,25 m	+	+	✓	Für den Evakuierungsfall zu bemessen.
Aufzugkabinen größer als 1,10 x 1,40 m	✓	+	+	Nach erwartetem Fahrgastaufkommen zu bemessen.
Treppenbreite ist Vielfaches von 60 cm, mindestens 2,40 m, Treppenpodest alle 12 bis 16 Stufen, Handläufe beidseitig, bei mehr als 6,00 m Treppenbreite auch mittig	✓	+	+	Für den Evakuierungsfall zu bemessen.
Breite von barrierefreiem Zugangsweg > 90 cm	✓	✓	✓	
Min. Bewegungsraum vor Fahrscheinautomat 1,20 x 1,00 m	+	✓	+	
Anforderung aus Barrierefreiheit	U-/S-Bahn	Bus / Tram	Seilbahn	Kommentar
Spaltbreite zwischen Bahnsteig und Fahrzeug < 5 cm	✓	+	✓	
Möglichst niveaugleicher Ein-/Ausstieg, Bahnsteig nicht höher als Fahrzeugboden	✓	+	✓	
Möglichkeit Fahrräder, Rollstühle und Kinderwagen zu transportieren	✓	✓	✓	Transport von Fahrrädern in Bus und Straßenbahn ist oft nicht vorgesehen.
Unebenheiten unzulässig / keine Stufen > 2cm	✓	+	✓	
Mindestens ein barrierefreier Zugangsweg	✓	✓	✓	

Sicherheitsanforderungen	U-/S-Bahn	Bus / Tram	Seilbahn	Kommentar
Rutschfester Bodenbelag	✓	✓	✓	
Lückenlose, blendfreie Beleuchtung	✓	✓	+	
Vorspringende Einbauten müssen kontrastreich sein	✓	+	+	
Anforderung an die Ausstattung	U-/S-Bahn	Bus / Tram	Seilbahn	Kommentar
Bahnsteigkante durch Warnstreifen in sicherem Abstand markieren (sofern keine Bahnsteigtüren vorhanden sind)	✓	~	✓	Durch die hohe Lage der Bahnsteige ist die Verletzungsgefahr beim Sturz auf die Fahrbahn von U- und S-Bahnen im Vergleich zum Oberflächenverkehr größer und ein Räumen des Gefahrenbereichs schwieriger. Bei Seilbahnen im Umlaufbetrieb folgt eine Gondel auf die nächste wodurch das Bahnsteigende klar definiert ist.
Sitzgelegenheiten für wartende Personen	✓	✓	+	
Zugziel-/Wartezeitanzeigen	✓	✓	~	Bei Seilbahnen im Umlaufbetrieb kann es sinnvoll sein, bei Bildung einer Warteschlange, die geschätzte Wartezeit bis zum Einstieg anzuzeigen.
Informationsvitrinen / Digitale Anzeigen zu Informations- und Unterhaltungszweck	✓	✓	+	
Fahrscheinautomaten	✓	✓	+	
Ergänzende Informationen durch Lautsprecherdurchsagen	✓	✓	+	
Einbauten dürfen Personenfluss nicht stören, seitliche Abgrenzungen müssen glattflächig sein	✓	✓	✓	
2 Treppenanlagen pro Bahnsteig	✓	✗	✗	

Tabelle 5.8: Zusammenfassung der Anforderungen an Umsteigeknoten (Eigene Darstellung)

- ✓ Forderung in den untersuchten Richtlinien enthalten
- + Forderung nicht in den untersuchten Richtlinien enthalten, Anwendung dennoch vorteilhaft
- ~ Forderung nicht in den untersuchten Richtlinien enthalten, Anwendung teilweise sinnvoll
- ✗ Forderung nicht in den untersuchten Richtlinien enthalten, Anwendung bringt keinen Vorteil

5.6. Kombination kontinuierlich und nicht kontinuierlich fördernder Verkehrsmittel

Städtische Transportsysteme lassen sich generell in Pendel- oder Shuttlesysteme und in sogenannte Stetigförderer unterteilen. Erstere sind meist fahrplan- oder taktgebunden. Zu ihnen zählen neben Straßenbahn, U- und S-Bahn, Bus und Seilbahnen im Pendelbetrieb auch Aufzüge. Sie kommen bei jeder Haltestelle zum kompletten Stillstand. Ihre Leistungsfähigkeit wird in erster Linie durch Fahrzeuggröße, Fahrgeschwindigkeit und Fahrgastwechselzeiten bestimmt. Stetigförderer hingegen bieten einen ständig verfügbaren, kontinuierlichen Betrieb. Zu ihnen zählen Fahrtreppen, Fahrsteige und Förderbänder sowie Seilbahnen im Umlaufbetrieb. Fahrgastwechsel geschehen ohne ein Anhalten des Systems, es gibt keinen Fahrplan, da jederzeit ein Ein- und Aussteigen möglich ist.

Beim Fahrgastwechsel in U- und S-Bahnstationen kommt es zur Durchmischung von ein- und aussteigenden Fahrgästen am Bahnsteig. Die Anteile an ein- und aussteigenden Personen sind veränderlich. Es können zur gleichen Zeit Personen die Haltestelle betreten und andere die Haltestelle verlassen. Es ist eine betriebliche

Anforderung, dass die Bahnsteige ausreichend Platz bieten, um die maximale Menge an aussteigenden Passagieren aufzunehmen, bevor diese gleichmäßig über die Ausgangswege abgeführt werden können und um eine ebenso große Menge an gleichmäßig zuströmenden, wartenden Passagieren aufzunehmen, bevor diese von einem Zug abtransportiert werden. Ankunft und Abfahrt eines Zuges verändern die Situation am Bahnsteig und bei den Zu- und Abgängen. Wo die Abgänge von Bahnsteigen mit Fahrtreppen ausgestattet sind, tritt der Übergang zu einem kontinuierlich fördernden Verkehrsmittel auf. Durch das stoßartige Fahrgastaufkommen bei Ankunft eines Zuges kann es im Bereich der Fahrtreppe zu einem Rückstau kommen, da deren Förderleistung begrenzt ist. Da auch die Kapazität der Treppen begrenzt ist, wird der Personenstrom bei Ankunft eines Zuges bis zum Ausgang aus der Station zu einem länger andauernden, kontinuierlichen Ereignis verzerrt. Auch am Beginn der Treppen kann es bei extremen Verkehrssituationen zu einem Rückstau kommen. In Bereichen vor Treppen und Fahrtreppen werden daher für den Fall einer Staubildung Pufferbereiche zusätzlich zur nutzbaren Bahnsteigfläche vorgesehen.

Die Situation bei Stationen von Seilbahnen im Umlaufbetrieb unterscheidet sich durch deren Eigenschaften als Stetigförderer. Das Problem von Verkehrsspitzen beim Stationsausgang entfällt. Sind die Stationsausgänge auf die Leistungsfähigkeit der Seilbahn abgestimmt, so muss nicht mit Staubildung gerechnet werden. Pufferflächen sind nur erforderlich um eine ungezwungene Situation in der Station zu schaffen, wo auch Stehenbleiben oder Überholen vor Verlassen des Bahnsteigbereichs möglich ist. Ähnlich verhält es sich mit dem Stationszugang, auch dieser sollte an die Kapazität der Seilbahn angepasst sein. Das kann passiv durch die Leistungsfähigkeit des Zugangs (Treppen und Fahrtreppen) oder durch Türen, einfache Einbauten und Barrieren wie Drehkreuze (mit und ohne Ticketkontrolle) geschehen. Da in Zwischenstationen aufgrund von durchfahrenden Passagieren nicht immer die volle Leistungsfähigkeit der Seilbahn zur Verfügung steht, empfehlen sich aus Sicherheitsgründen aktiv schließbare Barrieren wie Drehkreuze im Bahnsteigzugang. So kann, wenn das maximale Fassungsvermögen des Bahnsteigs erreicht ist, der Zustrom von Fahrgästen angehalten werden. Es kann verhindert werden, dass es zur Überlastung des Bahnsteigs kommt, was entscheidend für die Sicherheit der ein- und aussteigenden Fahrgäste ist. Zu Spitzenzeiten, in denen mehr Personen in das Stationsgebäude strömen als von der Seilbahn abgeführt werden können, kommt es zur Staubildung vor dem Einstieg oder an jener Stelle des Zugangs, wo die Leistungsfähigkeit durch eine verringerte Breite oder Einbauten reduziert bzw. aktiv geregelt wird. In diesem Bereich muss ausreichend Warteraum vorgesehen werden, damit sich die Passagiere ungedrängt aufhalten können. Dieser Wartebereich sollte sich möglichst nahe am Seilbahneinstieg befinden. Besteht kein Sichtkontakt zur Seilbahn, kann die Wartezeit von den Fahrgästen als länger empfunden werden als sie tatsächlich ist. In diesem Fall kann eine Wartezeitanzeige ähnlich wie bei Sicherheitskontrollen am Flughafen, möglichst bereits im Eingangsbereich des Stationsgebäudes, vorteilhaft sein.

Zusammenfassend ist die Kombination eines kontinuierlich und nicht kontinuierlich fördernden Verkehrsmittels also keine gänzlich neue Situation, sondern bringt ähnliche Herausforderungen wie sie von den Zu- und Abgängen bei Bahnstationen bekannt sind. Es ist stets eine genaue Untersuchung der Verkehrssituation vorzunehmen. Entsprechend den maximal möglichen Verkehrslasten sind an Engstellen, wo sich die Leistungsfähigkeit verringert, großzügige Pufferräume vorzusehen.

6. Der intermodale Verkehrsknoten mit Seilbahnsystemen im Idealfall

Bei der Planung eines intermodalen Umsteigeknotens zwischen Seilbahn und U- oder S-Bahn sind die in Kapitel 5 dargestellten Anforderungen aus Fahrgastsicht zu beachten. Sowohl die Bahnsteige und Wartebereiche als auch die Zugangs- und Umsteigewege sind ansprechend, hell, geräumig, sicher, witterungsgeschützt und barrierefrei zu gestalten. Die Stationen der verschiedenen Verkehrsmittel sollten möglichst nah aneinander liegen, um ein einfaches und komfortables Umsteigen mit kurzen Fußwegen zu ermöglichen.

Beim Umstieg in die Seilbahn entstehen durch den kontinuierlichen Betrieb bei gewöhnlichem Verkehrsaufkommen kaum Wartezeiten. Kommt es bei Verkehrsspitzen, beispielsweise durch die Ankunft eines Zuges, zur Bildung von Wartezeiten vor dem Einstieg in die Seilbahn, so werden diese relativ rasch wieder abgebaut. Im Wartebereich kann eine Anzeige der geschätzten Wartezeit sowie das Angebot von Informationen und Unterhaltung, etwa auf Bildschirmen, dazu beitragen, dass die Zeit von den Fahrgästen als kürzer wahrgenommen wird.

Beim Umstieg von der Seilbahn in ein anderes Verkehrsmittel können je nach Takt des Anschlussverkehrsmittels längere Wartezeiten entstehen. Vor allem zu Tagesrandzeiten oder am Wochenende sind die Taktintervalle im ÖPNV meist länger. Dynamische Fahrgastinformationen mit Echtzeitanzeigen in den einzelnen Seilbahnstationen können über die Abfahrtszeiten und die Erreichbarkeit der Anschlussverbindungen am Umsteigeknoten informieren. Ist der nächste Anschluss nicht mehr zu erreichen, können die Fahrgäste selbst entscheiden, ob sie die Seilbahn gleich nutzen und an der Umsteigestation auf den Anschluss warten oder die Zeit bis zur nächsten Anschlussverbindung anders verbringen.¹²⁹

Bei der Auslegung von intermodalen Verkehrsknoten sind zudem die Auswirkungen des Stationsbauwerks auf die Stadtplanung zu berücksichtigen. So soll der Platzverbrauch für die Verkehrsstationen an sich möglichst gering sein. Der Zugangsbereich bzw. Vorplatz des Verkehrsknotens soll großzügig und übersichtlich gestaltet sein. Die Anordnung von öffentlichem Raum im Umfeld der Station ist empfehlenswert. Abhängig von der Bedeutung des Knotens, kann dies bis zur Entwicklung von lokalen Zentren für die umliegenden Wohngebiete führen. Diese können beispielsweise Platz für Grünflächen, Einkaufsmöglichkeiten, Gastronomie, Freizeit- und Unterhaltungsbetriebe, soziale Einrichtungen und Räumlichkeiten der Gemeinde bieten. Die Architektur des Verkehrsknotens soll eine optisch ansprechende Gestaltung sowie eine nahtlose Integration in das Umfeld ermöglichen. Der Verkehrsknoten soll für alle Fahrgäste aus verschiedenen Richtungen einfach zu erreichen sein. Dabei sind der Fuß-, Rad- sowie öffentliche Verkehr dem MIV stets zu bevorzugen. Für Stations- und Bahnsteigzugänge sind, wenn sie nicht ebenerdig ausgeführt werden können, Brücken gegenüber Unterführungen zu bevorzugen. Brücken wirken heller, übersichtlicher und geräumiger als Unterführungen und sind daher förderlich für die Akzeptanz der Verbindung. Seilbahn- und U- oder S-Bahnstation sollten sich bevorzugt im selben bzw. in einem unmittelbar angrenzenden Gebäude befinden, sodass ein Verlassen des Gebäudes während dem Umsteigevorgang nicht notwendig ist. Es empfiehlt sich ein gemeinsamer Eingangs- und Aufenthaltsbereich von dem ausgehend beide Verkehrsmittel erreicht werden können sowie ein Vorplatz mit Fahrradabstellanlagen

¹²⁹ Vgl. Reutter, 2016, S. 4-5.

und eventuell einem Fahrradverleihsystem. Werden auch Bus- oder Straßenbahn eingebunden, sollten sich die Haltestellen im Bereich des Vorplatzes befinden. Weiters können Stellplätze für Taxis und *Kiss & Ride* Halteplätze zum Bringen und Abholen von Personen vorgesehen werden. Die Anordnung der Seilbahnstation in der Ebene der U- oder S-Bahnstation, etwa zwischen oder neben den Gleisen, empfiehlt sich wegen des hohen Platzverbrauchs meist nicht. Bei einer Anordnung übereinander sollten die Bahnsteige der Seilbahn sowie die der U- oder S-Bahn vom Eingangsbereich mit demselben Aufzug zu erreichen sein. Die Ticketkontrolle für die Seilbahn sollte wie im restlichen Netz erfolgen, um die Akzeptanz der Seilbahn als gleichwertiges Verkehrsmittel zu fördern. Kommen Zugangskontrollen zum Einsatz, sollten sich diese an den Stationsein- und -ausgängen befinden, sodass beim Umsteigen zwischen den Verkehrsmitteln keine Ticketkontrolle passiert werden muss. Die Seilbahn sollte ohne Aufpreis in die ÖPNV-Tarife des Verkehrsbetreibers integriert werden. Ein Aufpreis kann von den Fahrgästen als Einstiegshürde wahrgenommen werden.¹³⁰

Um ausreichend Raum für den Wechsel zwischen den intervallartigen Personenströmen von U- oder S-Bahn und dem kontinuierlichen Personenstrom der Seilbahn zu schaffen, sollte die Verbindung zur Seilbahn stets an einem Bahnsteigende der U- oder S-Bahnstation liegen. Befindet sich die Verbindung in der Bahnsteigmitte kann es im Vergleich zur Anordnung am Bahnsteigende eher zu Verzögerungen kommen, da mehr umsteigenden Fahrgäste gleichzeitig die Verbindung erreichen.¹³¹ (Abbildung 6.1)

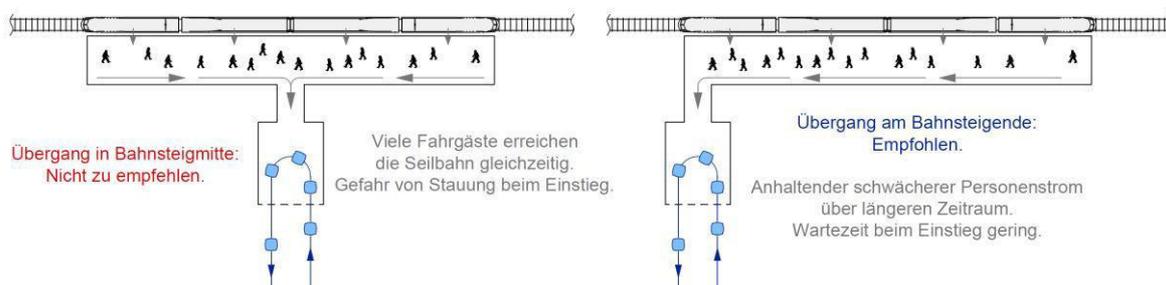


Abbildung 6.1: Anordnung Übergang zur Seilbahn (Eigene Darstellung, Quelle: Dale et al., 2013, S. 67)

Wie in Kapitel 5.4 erläutert, empfiehlt sich für Seilbahnstationen im urbanen Raum eine Anordnung in Hochlage, da diese den geringsten Flächenbedarf hat. Möglich ist jedoch auch eine Anordnung auf oder unter Bodenniveau, wobei der Platzbedarf bei letzterer als besonders hoch einzustufen ist. U- und S-Bahnstationen befinden sich in der Regel unterirdisch, ebenerdig oder in Hochlage. Bei U- und S-Bahnstationen in den Ebenen -1 und 0 kann die Seilbahnstation relativ einfach direkt darüber platziert werden. Dies ist schematisch in Abbildung 6.2 für U- oder S-Bahn in ebenerdiger Lage und in Abbildung 6.3 für U- oder S-Bahn in Tieflage dargestellt. Die Darstellungen zeigen jeweils zwei Optionen, oben für Seitenbahnsteige und darunter für einen Inselbahnsteig. Liegt die U- oder S-Bahn ebenerdig, so kann die Seilbahnstation auch als Bahnquerung bzw. Bahnsteigerschließung dienen. Im einfachsten Fall kann der Knoten direkt aus der Umgebung erreicht werden, der Zugang kann jedoch auch durch ein Stationsbauwerk führen. Befindet sich die U- oder S-Bahn in Tieflage kann ebenerdig ein gemeinsamer Eingangsbereich vorgesehen werden. Von diesem sollten U- oder S-Bahn und Seilbahn direkt zu

¹³⁰ Vgl. Reutter, 2016, S. 4.

¹³¹ Vgl. Dale et al., 2013, S. 67.

erreichen sein. Neben Treppen oder Fahrtreppen sollten die drei Ebenen möglichst über durchgehende Aufzüge erschlossen sein.

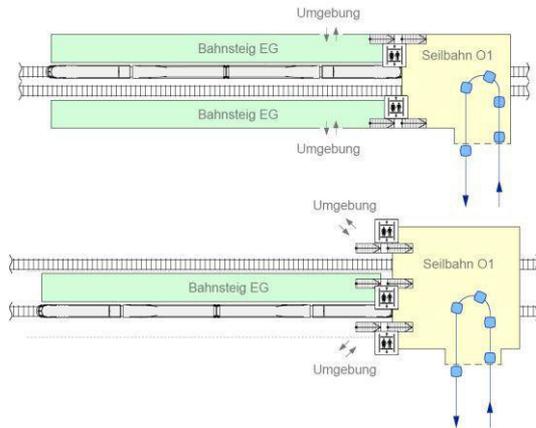


Abbildung 6.2: Intermodaler Knoten mit U- oder S-Bahn in ebenerdiger Lage (schematisch)
(Quelle: Eigene Darstellung)

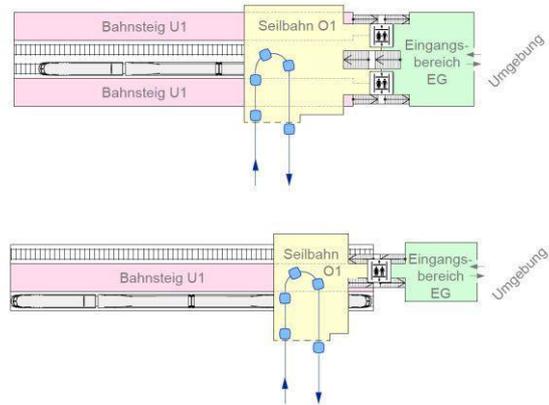


Abbildung 6.3: Intermodaler Knoten mit U- oder S-Bahn in Tieflage (schematisch)
(Quelle: Eigene Darstellung)

Liegt die U-/S-Bahn in einer tieferen Ebene als -1, bieten sich kompaktere Treppenformen an, da die Längsentwicklung der Treppen mit dem überwundenen Höhenunterschied ansteigt. Bei Fahrtreppen wird unter Umständen eine mehrläufige Ausführung mit Zwischenpodesten erforderlich, ein Zwischengeschoss ist jedoch nicht zwingend notwendig. Bei tiefer liegender U- oder S-Bahntrasse können sich die Bahnsteige auch in versetzter Lage zum Stationseingang befinden. Dies erfordert aber ein Zwischengeschoss zur Erschließung und erlaubt keine durchgehenden Aufzüge.

Schwieriger ist die Integration bei U- und S-Bahntrassen in Hochlage. Die Einbindung von zwei Treppenläufen und einem Lift in der Bahnebene (+1) erfordert besonders große Bahnsteigbreiten oder bei Seitenbahnsteigen einen erweiterten Zugangsbereich am Bahnsteigende. Um Platz zu sparen kann die gegenüberliegende Anordnung von Treppen und Aufzügen sinnvoll sein. Eine mögliche Anordnung ist in Abbildung 6.4 für Seitenbahnsteige und in Abbildung 6.5 für Inselbahnsteige dargestellt.

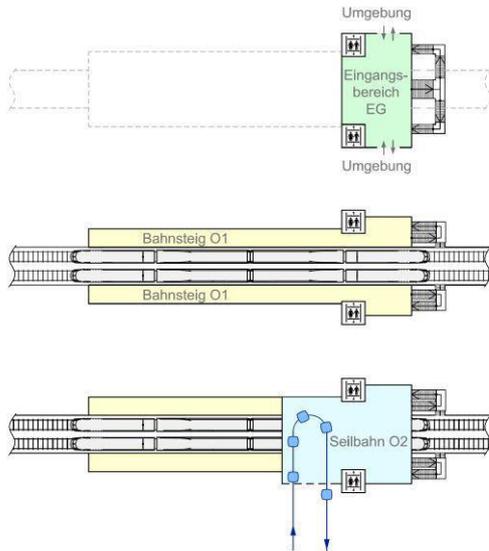


Abbildung 6.4: Intermodaler Knoten mit U- oder S-Bahn Seitenbahnsteigen in Hochlage (schematisch)
(Quelle: Eigene Darstellung)

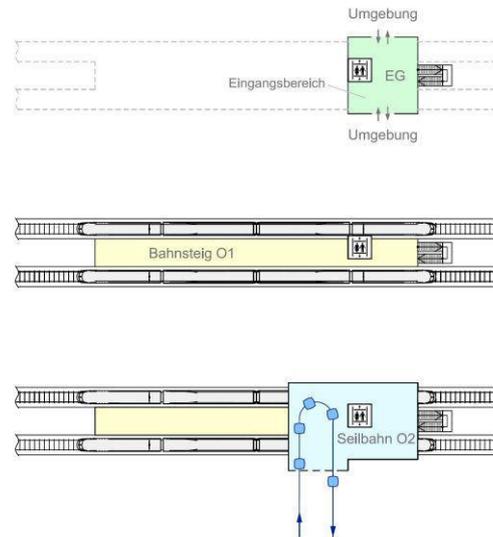


Abbildung 6.5: Intermodaler Knoten mit U- oder S-Bahn Inselbahnsteig in Hochlage (schematisch)
(Quelle: Eigene Darstellung)

Bei U- und S-Bahnen Endstationen ist die Problemstellung vereinfacht, wenn die Gleise mit dem Bahnsteig enden. In ebenerdiger Lage kann direkt hinter den Bahnsteigen der Eingangsbereich mit dem Aufgang zur Seilbahnstation angeordnet werden. Bei Bahnsteigen in Hochlage besteht genug Platz für den Anschluss der nach oben sowie nach unten führenden Treppenläufe und der Aufzüge. Oft wird bei Endstationen jedoch die Möglichkeit einer zukünftigen Verlängerung berücksichtigt, wodurch der Bereich nach dem Bahnsteigende freizuhalten ist.

Im Vergleich zu anderen Verkehrsmitteln ist die Lage von Seilbahnstationen im Grundriss aufgrund ihrer geraden Trassenführung wenig flexibel. Etwas flexibler ist die Standortwahl von U- und S-Bahnstationen. Sie ist aufgrund der begrenzten Bogenradien und der erforderlichen Bahnsteiglänge jedoch auch eingeschränkt. Am flexibelsten ist die Anordnung von Straßen und Straßenbahnen mit den zugehörigen Tram- und Bushaltestellen. Bei der Planung eines intermodalen Verkehrsknotens sollte daher in folgender Reihenfolge vorgegangen werden:

1. Eingrenzen des Standorts der Seilbahnstation
2. Trassieren der U- oder S-Bahnstation, Festlegen des Standorts der Seilbahnstation
3. Planung der Zugänge über einen gemeinsamen Eingangsbereich
4. Planung des Vorplatzes, der Straßenbahn und Bushaltestellen und der Zugangswege aus der Umgebung

Bestehende städtische Strukturen im Umfeld können die Freiheiten der Planung deutlich einschränken, weshalb die reibungslose Umsetzung aller Empfehlungen und Anforderungen nicht immer möglich ist. Besonders wenn ein Teil des Verkehrsknotens bereits besteht können individuelle Lösungen und Kompromisse erforderlich sein.

Die räumliche Flexibilität kann seilbahnseitig durch horizontale sowie vertikale Verschwenkungen vergrößert werden. Verschwenkungen sind innerhalb der Station nach dem Punkt der Abkopplung möglich. Die Seilumlenkungen müssen sich jedenfalls in der Seilbahnachse befinden. Weite Förderstrecken in der Station

verlängern die Fahrzeit und führen zu einem erhöhten Herstellungs- sowie Wartungsaufwand. Im Idealfall sollte die Herstellung des Fahrwegs möglichst einfach bei Verwendung von erprobten Regelbauteilen durchführbar sein. Es sind jedoch auch komplexe Geometrien möglich. Weichen, wie sie etwa bei der Ein- und Ausfahrt- Richtung Garagierung verwendet werden zweigen in der Regel nach außen ab.

7. Bestehende intermodale Verkehrsknoten mit Seilbahnsystemen

Im Zeitraum dieser Arbeit konnten nur wenige intermodale Verkehrsknoten im urbanen Kontext, wo U- oder S-Bahn und Seilbahn aufeinander treffen, identifiziert werden. Zur Untersuchung von entsprechenden, bereits bestehenden Situationen werden die in Kapitel 4 vorgestellten Standorte Medellín, Caracas und London herangezogen. An jedem dieser Standorte war bereits vor Errichtung der Seilbahn eine U- oder S-Bahnhaltestelle vorhanden. Die Möglichkeiten zur Einbindung der Seilbahn waren daher durch die Rahmenbedingungen der bestehenden Infrastruktur eingeschränkt. Im Gegensatz zu den anderen Standorten war es dem Autor möglich die *Emirates Airline* in London selbst zu besichtigen und fotografisch zu dokumentieren. Informationen zu den Anlagen in Medellín und Caracas zu beschaffen gestaltete sich schwieriger, weshalb die Bewertung teilweise nicht vollständig erfolgen konnte. Insgesamt konnte aber nicht zuletzt durch die Unterstützung der Kontakte vor Ort, ein gutes Bild über die Situationen gegeben werden.

7.1. Medellín

In Medellín sind derzeit zwei intermodale Umsteigeknoten zwischen Seilbahn und Metro in Betrieb: *Acevedo* und *San Javier*. In den Bereichen beider Knoten verläuft die Trasse der Metro ebenerdig und die Seilbahnstationen konnten in Hochlage direkt über den Bahnsteigen der Metro errichtet werden. An beiden Standorten muss das Stationsgebäude beim Umsteigen zwischen Metro und Seilbahn nicht verlassen werden. Die Seilbahnen sind in das städtische Tarifsysteem integriert und sind mit den selben Tickets wie die Metro benutzbar. In den Knotenpunkten kann die Fahrt mit dem jeweils anderen Verkehrsmittel fortgesetzt werden ohne dass ein Aufpreis bezahlt werden muss.¹³² Die Ticketkontrolle erfolgt durch Drehkreuze an den Ein- und Ausgängen der Verkehrsknoten, sodass beim Umsteigen zwischen Metro und Seilbahn keine Kontrolle passiert werden muss. Es gibt Aufzüge, welche Metro und Seilbahn direkt miteinander verbinden.

Acevedo: Metro / Metrocable Linie K (8-MGD, 2004)

Der Verkehrsknoten *Acevedo* liegt zwischen einer vierspurigen Hauptverkehrsstraße und dem *Medellín-Fluss*. (Abbildung 7.1) Die Metrostation ist als ebenerdig liegender Inselbahnsteig ausgeführt. Der Bahnsteig ist großzügig bemessen. Durch die seitlich offene Bauweise wirkt der Bahnsteig hell. Für die Beleuchtung bei wenig Tageslicht sind Deckenleuchten angeordnet. (Abbildung 7.3) Am Bahnsteig befinden sich Sitzgelegenheiten sowie Informationstafeln. An beiden Enden des Bahnsteigs befinden sich eine Treppe und ein Aufzug, welche jeweils zu einem höher gelegenen Eingangsbereich führen. (Abbildung 7.2) Von diesen Eingangsbereichen führen jeweils zwei brückenartige Zugänge über den Fluss sowie über die Hauptverkehrsstraße. Die meisten Zugangswege sind durch Aufzüge oder Treppenlifte barrierefrei passierbar. Es sind jedoch nicht alle Brückenaufgänge mit Aufzügen ausgestattet. (Abbildung 7.4 und Abbildung 7.5)

¹³² Vgl. Metro de Medellín Ltda., Russi, 2016b.



Abbildung 7.1: Verkehrsknoten Acevedo
(Quelle: Eigene Darstellung auf Google Maps, 2016)



Abbildung 7.2: Aufgang vom Bahnsteig der Metro
(Quelle: Metro de Medellín Ltda., 2016b)



Abbildung 7.3: Bahnsteig der Metro
(Quelle: Metro de Medellín Ltda., 2016b)



Abbildung 7.4: Zugangsbrücke, straßenseitig
(Quelle: Google Maps, 2016)



Abbildung 7.5: Zugangsbrücke, flusseitig
(Quelle: Metro de Medellín Ltda., 2016b)

Vom nördlichen Eingangsbereich aus erreicht man auch die Seilbahnstation, welche sich auf dem selben Niveau einige Meter zur Mitte des darunter liegenden Metrobahnsteigs befindet und über den Fluss hinausragt. (Abbildung 7.6) Zu- und Abgang der Seilbahn sind durch eine Abgrenzung getrennt. (Abbildung 7.7) Es gibt einen gemeinsamen Bahnsteig für aus- und einsteigende Fahrgäste. Dieser befindet sich im Umlaufbogen, die Umlaufrichtung ist gegen den Uhrzeigersinn. (Abbildung 7.8) Die Station wirkt geräumig und hell. Vor dem Zustieg befindet sich ein weitläufiges Labyrinthsystem aus Abgrenzungsbändern, welches entsprechend dem Fahrgastaufkommen flexibel eingesetzt wird. (Abbildung 7.9) Einsteigende Fahrgäste kommen gegen die Fahrtrichtung auf die Fahrzeuge zu, aussteigende Fahrgäste verlassen den Bahnsteig in Fahrtrichtung. Im Bahnsteigsbereich der Seilbahn befindet sich eine Tafel mit Informationen zum Verkehrsnetz. Die Bahnsteigkante ist durch einen gelben Warnstreifen sowie durch einen tastbaren Streifen gekennzeichnet. Der Einstieg ist niveaugleich mit einem geringen Spalt zwischen Bahnsteig und Fahrzeugen. Am südlichen Ende der Seilbahnstation befindet sich die Garagierung, welche wieder über dem Bahnsteig der Metro liegt.

Der gesamte Verkehrsknoten wirkt übersichtlich und gut beschildert, bis auf einen tastbaren Randstreifen auf den Bahnsteigen ist jedoch kein Blindenleitsystem zu

erkennen. Ticketautomaten und Informationsschalter befinden sich in den Eingangsbereichen der Station.¹³³



Abbildung 7.6: Blick auf die Seilbahnstation
(Quelle: Metro de Medellín Ltda., 2016b)



Abbildung 7.7: Zugang zur Seilbahn, Durchfahrt zur Garagierung im Hintergrund
(Quelle: Metro de Medellín Ltda., 2016b)



Abbildung 7.8: Bahnsteig der Seilbahn
(Quelle: Metro de Medellín Ltda., 2016b)



Abbildung 7.9: Blick vom Bahnsteig der Seilbahn zum Zugangsbereich
(Quelle: Metro de Medellín Ltda., 2016b)

San Javier: Metro / Metrocable Linie (8-MGD, 2008)

Im Unterschied zu *Acevedo* hat die Metro in *San Javier* eine Endstation. Sie ist als ebenerdig liegender Kopfbahnhof mit Inselbahnsteig ausgeführt. Der Haupteingang liegt am nordwestlichen Stationsende, welches das Trassenende darstellt. (Abbildung 7.10) Leicht vom Bahnsteig versetzt befindet sich der Eingangsbereich mit Informationstafeln und Ticketautomaten. Im Bahnsteigzugang sind die Zugangskontrollen erkennbar. (Abbildung 7.11) Die Seilbahnstation befindet sich am anderen Ende des Metrobahnsteigs. (Abbildung 7.12) Von der Seilbahnstation führen beidseitig brückenartige Zugänge über die Gleise auf Niveau +1, wodurch auch zwei weitere Zugänge zur Metro am südöstlichen Ende des Bahnsteigs bestehen.

¹³³ Vgl. Metro de Medellín Ltda., Russi, 2016b.



Abbildung 7.10: Verkehrsknoten San Javier
(Quelle: Eigene Darstellung auf Google Maps, 2016)



Abbildung 7.11: Blick auf den Haupteingang der Station
(Quelle: Google Maps, 2016)



Abbildung 7.12: Blick auf die Seilbahnstation
(Quelle: Wikipedia, 2008)



Abbildung 7.13: Bahnsteig der Metro
(Quelle: Metro de Medellín Ltda., 2016b)

Am Bahnsteig befinden sich Sitzgelegenheiten und Informationstafeln. Der Bahnsteigbereich ist von ausreichender Breite und Höhe und wirkt hell und lückenfrei beleuchtet. (Abbildung 7.13) Vom Bahnsteig der Metro führen eine Treppe, eine Fahrtreppe und ein Aufzug zur Seilbahnstation. (Abbildung 7.14) Vor dem Aufgang fallen zwei ungünstig platzierte Stützen auf, welche sich direkt im Zulauf der Fahrtreppe befinden. (Abbildung 7.15)



Abbildung 7.14: Aufgang vom Bahnsteig der Metro
(Quelle: Metro de Medellín Ltda., 2016b)

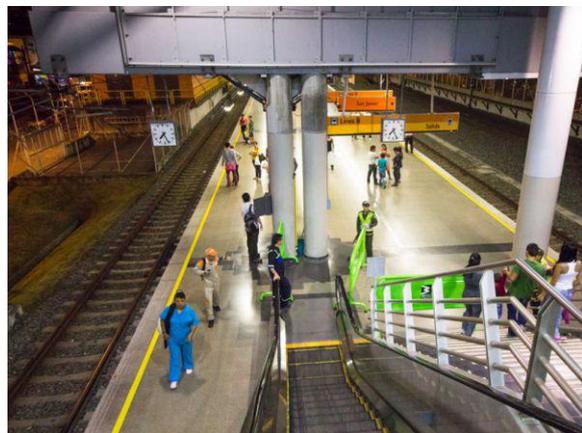


Abbildung 7.15: Aufgang vom Bahnsteig der Metro
(Quelle: Metro de Medellín Ltda., 2016b)

Der Zugang sowie der Wartebereich vor dem Bahnsteig der Seilbahn ist durch flexible Abgrenzungsbänder organisiert. (Abbildung 7.16) Bei entsprechendem Fahrgastaufkommen kommt wie bei *Acevedo* ein weitläufiges Labyrinthsystem zum Einsatz. Es gibt einen gemeinsamen Bahnsteig für aus- und einsteigende Personen. Dieser befindet sich im Umlaufbogen, die Fahrtrichtung ist gegen den Uhrzeigersinn. Der Bereich erscheint hell und geräumig. Zu- und Abgang sind durch die Abgrenzungsbänder getrennt. Die Fahrgäste gehen gegen die Fahrtrichtung auf die Fahrzeuge zu und verlassen den Bahnsteig in der Fahrtrichtung. (Abbildung 7.17) Auf der gegenüberliegenden Seite des Wartebereichs befindet sich der Weg zu den zwei brückenartigen Zugängen am östlichen Ende der Seilbahnstation. Dieser ist durch Zugangskontrollen gesichert. (Abbildung 7.18) Im Wartebereich sind verschiedene Informationstafeln und –plakate zu erkennen. Sitzgelegenheiten sind keine vorhanden. Die Bahnsteigkante ist durch einen gelben Warnstreifen sowie durch einen tastbaren Streifen gekennzeichnet. Der Einstieg in die Fahrzeuge ist niveaugleich über einen geringen Spalt. Neben dem Bahnsteig ist auch ein Abfallbehälter erkennbar. (Abbildung 7.19)



Abbildung 7.16: Zugang zur Seilbahn
(Quelle: Metro de Medellín Ltda., 2016b)



Abbildung 7.17: Bahnsteig der Seilbahn
(Quelle: Metro de Medellín Ltda., 2016b)

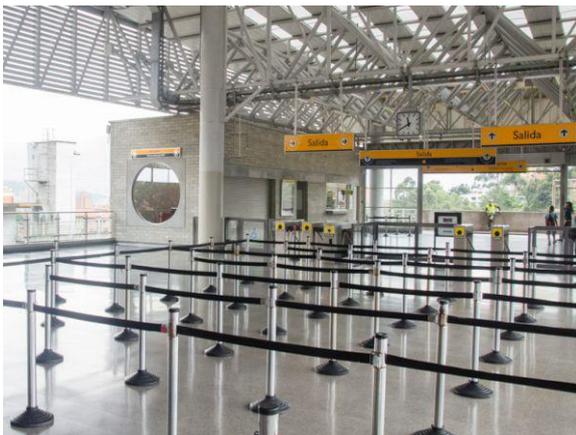


Abbildung 7.18: Wartebereich und Stationszugang
(Quelle: Metro de Medellín Ltda., 2016b)

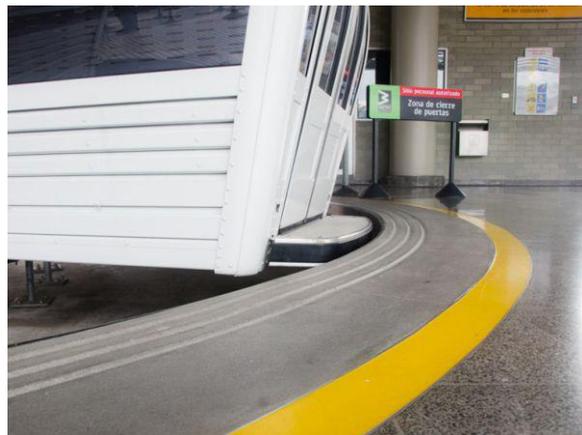


Abbildung 7.19: Bahnsteig mit Fahrzeug
(Quelle: Metro de Medellín Ltda., 2016b)

Die Zugangsbrücken haben mehrere Treppenaufgänge von den umliegenden Straßen und sind teils mit Aufzügen ausgestattet. (Abbildung 7.20) Es gibt jedoch Aufgänge, welche nicht mit einem Aufzug ausgerüstet sind und somit nicht barrierefrei sind. (Abbildung 7.21) Der gesamte Knoten wirkt übersichtlich und ist durchgehend und verständlich beschildert. Ein durchgehendes Blindenleitsystem konnte nicht erkannt werden.



Abbildung 7.20: Zugangsbrücke von Nordosten
(Quelle: Metro de Medellín Ltda., 2016b)



Abbildung 7.21: Zugangsbrücke von Südwesten
(Quelle: Google Maps, 2016)

7.2. Caracas

Derzeit sind in Caracas zwei Seilbahnlinien Teil des städtischen ÖV-Netzes. Die Seilbahn nach *San Agustín* mit der Anbindung an die Metro bei der Station *Parque Central* sowie die Expresslinie von *Palo Verde (Metro)* nach *Mariche*. Demnächst wird auch die Lokallinie nach *La Dolorita* eröffnet, welche ihren Ursprung ebenfalls in *Palo Verde* hat. Die Seilbahnen sind in das städtische Tarifsystem integriert, für Seilbahn und Metro gilt die selbe Art von Ticket. Beim Umsteigen zwischen Seilbahn und Metro wird im Gegensatz zum Umsteigen zwischen verschiedenen Metrolinien ein Ticket für zwei Fahrten fällig.¹³⁴

Parque Central: Metro / Metrocable San Agustín (8-MGD, 2010)

Die Seilbahnstation *Parque Central* befindet sich in Hochlage in einem neu errichteten Gebäude, welches auch die Garagierung der Bahn beinhaltet. (Abbildung 7.22 und Abbildung 7.23) Das Gebäude befindet sich vor bzw. über dem westlichen Zugang zur Metrostation. (Abbildung 7.24) Die physische Integration der Seilbahnstation wurde erreicht, sodass umsteigende Fahrgäste zwischen den Stationen wechseln können ohne das Gebäude verlassen zu müssen.

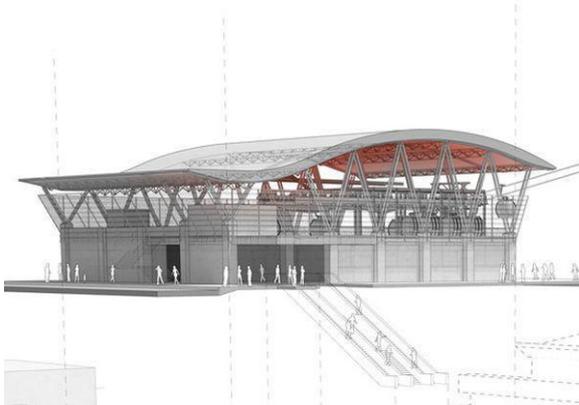


Abbildung 7.22: 3D-Modell Parque Central, Seilbahnstation mit Garagierung im Vordergrund
(© Urban-Think Tank, Quelle: F&S Consulting, C.A., 2016)

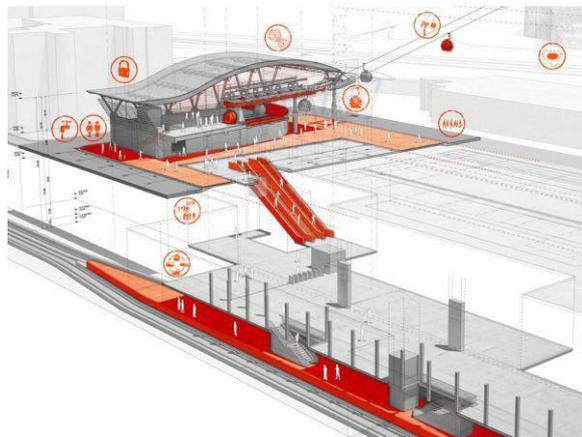


Abbildung 7.23: 3D-Modell Parque Central, Schnitt durch die Seilbahnstation
(© Urban-Think Tank, Quelle: F&S Consulting, C.A., 2016)

¹³⁴ Vgl. F&S Consulting, C.A., Zeitoune, 2016.



Abbildung 7.24: Zugang zum Verkehrsknoten, Seilbahnstation und Garagierung
(Quelle: F&S Consulting, C.A., 2016)



Abbildung 7.25: Bahnsteig der Metro
(© D.Bothe, Quelle: SkyscraperCity.com, 2013)

Die Metrostation befindet sich in Tieflage zwei Etagen unter Straßenniveau und ist mit einem Inselbahnsteig ausgeführt. Sie ist über Treppen, Fahrtreppen und Aufzüge erschlossen und hell beleuchtet. Der Bahnsteigbereich ist großzügig bemessen. Neben einem gelben Warnstreifen vor der Bahnsteigkante sind besondere Markierungen im Bereich der Zugtüren vorhanden. Auch ein Blindenleitstreifen ist erkennbar. (Abbildung 7.25 und Abbildung 7.26) Digitale Zugziel- und Warteanzeigen befinden sich im Zwischengeschoss sowie am Bahnsteig. Im Zwischengeschoss sind auch eine Informationstafel sowie einige Hinweisschilder zu den Beförderungsbedingungen (z.B. Rauch- und Schusswaffenverbot) erkennbar. (Abbildung 7.27) Die Zugangskontrollen der Metro befinden sich im Zwischengeschoss, von wo der Ausgang zum gemeinsamen Eingangsbereich mit der Seilbahn führt. Dort besteht die Wahl zwischen dem Ausgang zur *Avenida Lecuna*, zur *Avenida Este 10 Bis* oder dem Aufgang zur Seilbahnstation. (Abbildung 7.28)



Abbildung 7.26: Aufgang vom Bahnsteig der Metro
(Quelle: F&S Consulting, C.A., 2016)

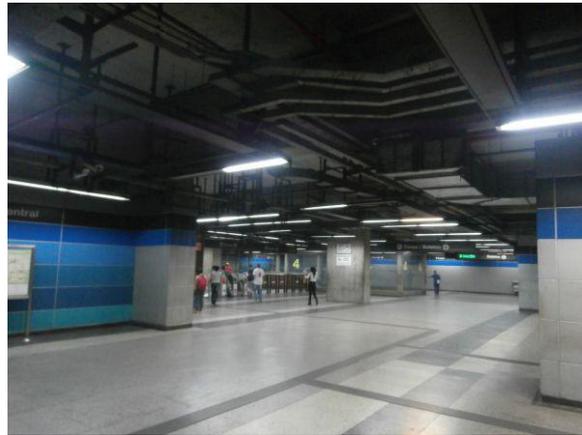


Abbildung 7.27: Zwischengeschoss der Metrostation
(Quelle: F&S Consulting, C.A., 2016)



Abbildung 7.28: Eingangsbereich des Verkehrsknotens
(Quelle: F&S Consulting, C.A., 2016)



Abbildung 7.29: Aufgang zur Seilbahn
(Quelle: F&S Consulting, C.A., 2016)

Vor dem Aufgang zur Seilbahn befinden sich ebenfalls Zugangskontrollen. (Abbildung 7.29) Die Seilbahnstation ist durch eine Treppe sowie einen Aufzug erreichbar. (Abbildung 7.30) Die geometrische Anordnung erlaubt keinen durchgehenden Aufzug vom Bahnsteig der Metro zum Ausgang auf Straßenniveau und zur Seilbahnstation. Umsteigende Fahrgäste, welche den Aufzug nutzen, müssen diesen mehrfach wechseln. Die Seilbahnstation ist übersichtlich, hell und geräumig gestaltet. Es gibt nur einen Bahnsteig sowie einen gemeinsamen Zu- und Abgang. Der Bahnsteig befindet sich im Umlaufbogen, die Fahrtrichtung ist im Uhrzeigersinn. Die Organisation erfolgt flexibel mithilfe von Abgrenzungsbändern. Der Einstieg erfolgt niveaugleich über einen geringen Spalt zwischen den Fahrzeugen und der Bahnsteigkante. Es ist kein Warnstreifen vor der Bahnsteigkante ersichtl. (Abbildung 7.31)



Abbildung 7.30: Zugang zum Bahnsteig der Seilbahn
(Quelle: F&S Consulting, C.A., 2016)



Abbildung 7.31: Bahnsteig der Seilbahn
(Quelle: F&S Consulting, C.A., 2016)

Die Beschilderung wirkt im gesamten Verkehrsknoten übersichtlich und verständlich. In den Transferbereichen sowie in der Seilbahnstation konnte kein durchgängiges Blindenleitsystem erkannt werden. Ob ausreichend Informationen zu Netz und Tarif zugänglich sind, kann nicht beurteilt werden. Weiters ist nicht klar, ob Möglichkeiten zum Erwerb von Tickets (Verkaufschalter oder Automaten) bestehen. Es ist jedoch anzunehmen, dass sich diese im Zwischengeschoss der Metrostation und im Zugangsbereich der Seilbahnstation befinden.

Palo Verde: Metro / Metrocable Mariche (8-MGD, 2012) / Metrocable La Dolorita (8-MGD, im Bau)

Im Unterschied zu *Parque Central* treffen in *Palo Verde* künftig zwei Seilbahnlinien und eine Metrolinie zusammen. Die Stationen befinden sich in unterschiedlichen, räumlich getrennten Gebäuden. Sie werden auch als *Palo Verde I (Metro)*, *Palo Verde II (Metrocable Mariche)* und *Palo Verde III (Metro Cable La Dolorita)* bezeichnet. Der Verkehrsknoten *Palo Verde* befindet sich an einer Geländekante, welche auf einer Länge von über einem Kilometer keine Verbindung der oben und untenliegenden Straßen erlaubt. Während sich die Metrostation sowie die Seilbahnstation *Palo Verde III* beim gleichnamigen Shopping Center am Fuß des Hangs befinden, liegt die *Station Palo Verde II* aufgrund ihrer Trassenführung auf dem oberen Niveau. (Abbildung 7.32)

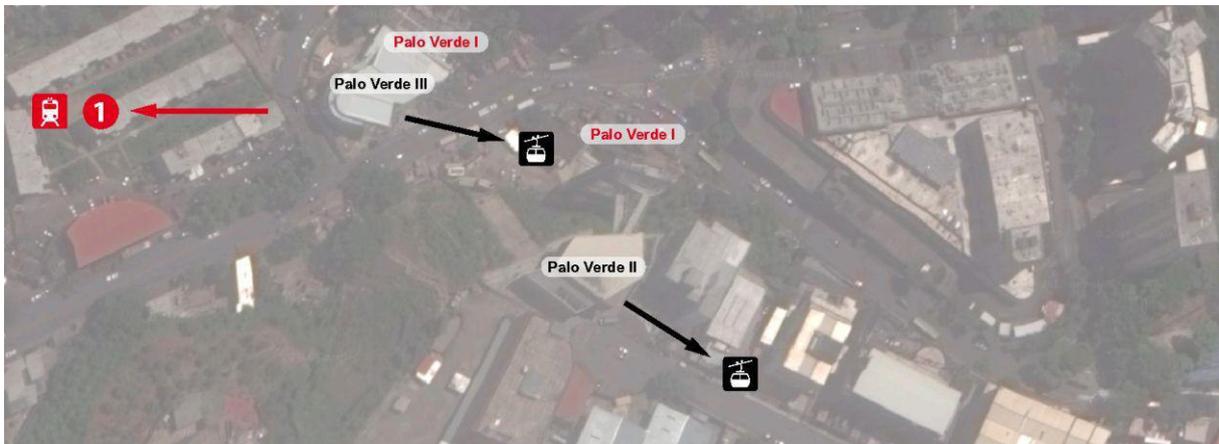


Abbildung 7.32: Verkehrsknoten Palo Verde I, II und III (Quelle: Eigene Darstellung auf Google Maps, 2016)

Die Metrostation verfügt über zwei Eingänge: Der erste liegt neben der Seilbahnstation *Palo Verde III*, der zweite liegt auf der anderen Straßenseite und wird zukünftig durch einen 40 m hohen Verbindungsturm mit einer Treppe und sechs Aufzügen an die Seilbahnstation *Palo Verde II* angebunden sein. Die Gesamtkapazität der Aufzüge soll bei über 1.800 Personen pro Stunde und Richtung liegen.¹³⁵ (Abbildung 7.33, Abbildung 7.34 und Abbildung 7.35)

¹³⁵ Vgl. YVKE Mundial, 2016.



Abbildung 7.33: 3D-Modell Verkehrsknoten, Palo Verde III links im Vordergrund, Palo Verde II rechts oben, Palo Verde I und Verbindungsturm dazwischen (© Odebrecht S.A., Quelle: F&S Consulting, C.A., 2016)



Abbildung 7.34: Blick von Palo Verde III auf Verbindungsturm und Palo Verde II
(Quelle: SkyscraperCity.com, 2015a)



Abbildung 7.35: Blick von Palo Verde II auf Palo Verde III (in Bau)
(Quelle: SkyscraperCity.com, 2015b)

Der in Bau befindliche Turm liegt direkt neben dem Eingangsbereich der Metrostation und wird durch zwei Brücken an die obere Seilbahnstation angebunden sein. Über die obere Brücke erreichen umsteigende Fahrgäste direkt das Bahnsteigniveau der Seilbahn. Die darunterliegende Brücke führt zum Eingangsbereich der Station. (Abbildung 7.36) Neben der Verbindung der Stationen miteinander ist der Turm ein wichtiger Beitrag zur Erschließung der Umgebung für Fußgänger, sowohl zum Erreichen der einzelnen Stationen wie auch zum bloßen Überwinden des Niveauunterschieds. Nach der Fertigstellung des Verbindungsbauwerks werden die Weglänge sowie der Komfort der Umsteigeverbindung zwischen der Metrostation und der über dem Abhang liegenden Seilbahnstation hinnehmbar sein. Kritisch anzumerken ist jedoch, dass der Verbindungsturm nicht vor der Eröffnung von *Palo Verde II*, 2013, errichtet wurde. So ist es bis heute notwendig, zur Überwindung des Abhangs den Bus zu nehmen oder über eine provisorische Treppe zu gehen. (Abbildung 7.37)



Abbildung 7.36: Blick von Palo Verde II auf Verbindungsturm und Anschlussbrücken
(Quelle: F&S Consulting, C.A., 2016)



Abbildung 7.37: Temporäre Verbindungstreppe vor Fertigstellung des Verbindungsturms
(Quelle: alpinforum.com, 2013)

Da es sich bei den Stationen um drei eigenständige, räumlich getrennte Gebäude handelt, ist es, wie auch bei *Parque Central*, nicht zu vermeiden, dass Aufzugsfahrer den Lift beim Umsteigen wechseln müssen.

Sowohl *Palo Verde III* wie auch der Verbindungsturm befinden sich zur Zeit im Bau, weshalb nachfolgend nur die Situation in der Metrostation und in *Palo Verde II* betrachtet werden kann.

Wie auch bei *Parque Central* befindet sich die Metrostation von *Palo Verde* zwei Etagen unter Straßenniveau. Die Station besteht aus Seitenbahnsteigen, welche über ein geräumiges Zwischengeschoss erschlossen sind. (Abbildung 7.38 und Abbildung 7.39) Im Zwischengeschoss befinden sich Zugangskontrollen und Fahrscheinautomaten. Weiters sind Plakate mit Informationen sowie ein Informationsschalter zu erkennen. (Abbildung 7.40) Die Station scheint ausreichend beleuchtet und gut beschildert. Die Bahnsteige sind großzügig bemessen, über die Ausstattung der Bahnsteige kann keine Auskunft gegeben werden. Im Zwischengeschoss ist kein Blindenleitsystem ersichtlich. Vom Zwischengeschoss führen Treppen und Fahrtreppen zum Straßenniveau. (Abbildung 7.41) Die Bahnsteige sind über Treppen vom Zwischengeschoss erreichbar. Ob weitere Fahrtreppen und Aufzüge in der Metrostation vorhanden sind ist nicht bekannt.



Abbildung 7.38: Aufgang vom Bahnsteig der Metro
(Quelle: F&S Consulting, C.A., 2016)



Abbildung 7.39: Zwischengeschoss der Metrostation
(Quelle: F&S Consulting, C.A., 2016)



Abbildung 7.40: Zwischengeschoss der Metrostation
(Quelle: F&S Consulting, C.A., 2016)

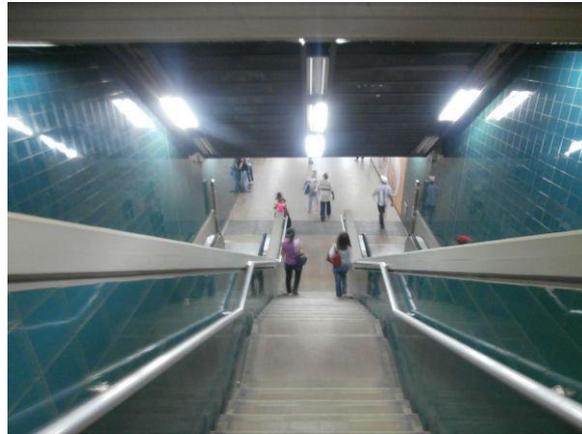


Abbildung 7.41: Aufgang vom Zwischengeschoss
(Quelle: F&S Consulting, C.A., 2016)

Auch die Seilbahnstation *Palo Verde II* ist in Hochlage ausgeführt und verfügt über einen gemeinsamen Bahnsteig, welcher jedoch durch eine Abgrenzung in Aus- und Einstieg unterteilt ist. (Abbildung 7.42 und Abbildung 7.43) Der Bahnsteig befindet sich im Umlaufbogen, die Fahrtrichtung ist gegen den Uhrzeigersinn. Der Zugang erfolgt in und der Abgang gegen die Fahrtrichtung. Es gibt einen Zugang vom Eingangsbereich im Erdgeschoss, bestehend aus einer Treppe und einem Lift. (Abbildung 7.44) Direkt neben der Treppe befindet sich zukünftig in beiden Geschossen der Übergang zum Verbindungsturm, also der Weg zur Metro. Die Seilbahnstation wirkt hell und geräumig und verfügt über ein durchgängiges Blindenleitsystem. Der Einstieg in die Gondeln erfolgt niveaugleich über einen geringen Spalt. Die Bahnsteigkante ist nicht durch einen Warnstreifen markiert. Im Eingangsbereich befinden sich Zugangskontrollen sowie ein Ticketschalter. (Abbildung 7.45)



Abbildung 7.42: Vorderansicht von Palo Verde II
(Quelle: C.A. METRO DE CARACAS, 2016)



Abbildung 7.43: Bahnsteig der Seilbahn
(Quelle: F&S Consulting, C.A., 2016)



Abbildung 7.44: Aufgang zum Bahnsteig
(Quelle: F&S Consulting, C.A., 2016)



Abbildung 7.45: Eingangsbereich, zukünftiger Brückenanschluss im Hintergrund rechts
(Quelle: F&S Consulting, C.A., 2016)

7.3. London

Die Stationen der *Emirates Airline* in London sind räumlich von den Stationen der *Tube* (U-Bahn) bzw. der *DLR* (*Docklands Light Railway*) getrennt. Verbunden sind die Stationsgebäude durch einen Fußweg von etwa 355 m bei *North Greenwich* und 185 m bei *Royal Victoria*. (Abbildung 7.46) Beide Stationen sind als Knotenpunkt im Netzplan dargestellt. Während sich der Umsteigeweg bei *Royal Victoria* im Rahmen des akzeptierbaren Bereichs von 200 m befindet, sind die 355 m bei *North Greenwich* deutlich zu lang. Bei der *Tube* Station (*North Greenwich*) muss auch der Weg innerhalb des Gebäudes bedacht werden. Aufgrund der kleineren Stationsabmessungen sind die Wegstücke innerhalb der Seilbahnstationen und der *DLR* Station (*Royal Victoria*) deutlich kleiner.

Die Seilbahn ist in das städtische Tarifsystem integriert. Es kann dieselbe Art von Ticket wie für die anderen Verkehrsmittel verwendet werden, jedoch wird ein Aufpreis von £ 3,50 für die Nutzung der Seilbahn verrechnet. Für häufige Nutzung gibt es einen Sondertarif (£ 1,70).



Abbildung 7.46: Verkehrsknoten North Greenwich und Royal Victoria
(Quelle: Eigene Darstellung auf Google Maps, 2016)

North Greenwich: Tube / Emirates Airline (10-MGD, 2012)

Die Station der *Jubilee Line (Tube)* befindet sich zwei Etagen unter Bodenniveau. Die Seitenbahnsteige sind mit Bahnsteigtüren ausgerüstet. Es fällt auf, dass die Bahnsteige nur über tastbare Aufmerksamkeitsfelder im Bereich der Bahnsteigtüren verfügen. Aus Sicherheitsaspekten ist ein durchgehender Blindenleitstreifen nicht erforderlich, da ein Hinabstürzen auf die Gleise ohnehin durch die Trennwand und die Bahnsteigtüren verhindert wird. Für Personen, die darauf angewiesen sind, erleichtert ein durchgängiges tastbares Leitsystem dennoch die Orientierung. Die Bahnsteige erscheinen ausreichend geräumig. Der Bahnsteigbereich ist nach oben hin zur darüberliegenden Etage teilweise offen. Sitzgelegenheiten, Abfallbehälter, Zugziel- und Warteanzeige, Fahrplanaushang sowie Netzplan sind sofort erkennbar. (Abbildung 7.47) Der Ausgang erfolgt via Fahrtreppe oder Lift durch die darüber liegende Etage. Hier befinden sich Zugangskontrollen und Ticketautomaten in einem Mischbereich für die Fahrgäste beider Fahrtrichtungen. (Abbildung 7.48) Im Erdgeschoss gibt es zwei Ein- und Ausgänge aus der Station: Vorderseitig Richtung Seilbahn und *O2 Arena* (eine bedeutsame Veranstaltungshalle) und rückseitig zu den zahlreichen Bushaltestellen direkt hinter der Station.



Abbildung 7.47: Bahnsteig der Tube
(Quelle: Eigene Aufnahme)

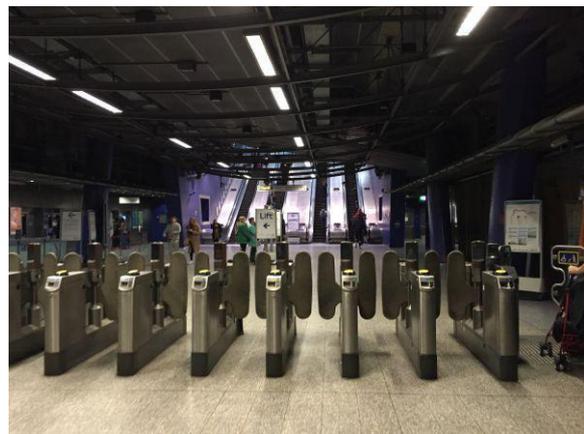


Abbildung 7.48: Zugangskontrollen der Tube
(Quelle: Eigene Aufnahme)

Der Weg zwischen Seilbahn und *Tube* ist deutlich beschildert. Zudem besteht nach wenigen Metern auch Sichtkontakt zur Seilbahn bzw. zur *O2 Arena*, welche bei der *Tube* Station liegt und die Orientierung zusätzlich erleichtert. Der Weg ist eben und

kreuzt einmalig eine wenig frequentierte Straße. Es handelt sich jedoch zur Gänze um Fußweg unter freiem Himmel, welcher über keinerlei Regen- oder Witterungsschutz verfügt. Die Seilbahnstation wird nach etwa fünf Minuten erreicht. (Abbildung 7.49)

Die Seilbahnstation ist in Hochlage ausgeführt, der Zugang erfolgt im Erdgeschoss. Im Zugangsbereich befindet sich ein Ticketschalter. Der Ausgang liegt auf der anderen Seite des Gebäudes. Zu- und Abgang sind innerhalb des Gebäudes nur durch Abgrenzungsbänder, nicht jedoch baulich getrennt. Im Gebäude befinden sich Zugangskontrollen für ein- und aussteigende Passagiere. (Abbildung 7.50) Von dort führen je ein Lift und eine Treppe zu den zwei getrennten Bahnsteigen. (Abbildung 7.51) Die Bahnsteige sind hell und geräumig gestaltet und mit Sitzgelegenheiten ausgerüstet. Der Zugang ist mit Hilfe von flexiblen Abgrenzungsbändern als umgelenkte Warteschlange organisiert, der Zugang zum Bahnsteig erfolgt schließlich gegen die Fahrtrichtung. Die Umlaufrichtung der Seilbahn ist im Uhrzeigersinn, der Einstieg erfolgt niveaugleich und annähernd ohne Spalt zwischen Fahrzeug und Bahnsteig. Es ist kein Warnstreifen vor der Bahnsteigkante ersichtlich. (Abbildung 7.52) Als Blindenleitsystem existiert nur ein Aufmerksamkeitsfeld vor der Treppe. Der Einstiegsvorgang wird von einem Mitarbeiter der Seilbahn betreut. Dieser kontrolliert jede Gondel auf Sauberkeit und achtet darauf, dass die vorschriftsmäßige Fahrgastanzahl der Gondeln eingehalten wird.



Abbildung 7.49: Fußweg von der Tube zur Seilbahn
(Quelle: Eigene Aufnahme)

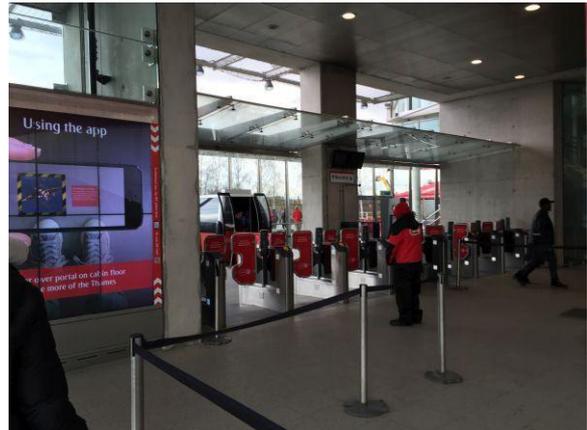


Abbildung 7.50: Zugangskontrollen der Seilbahn
(Quelle: Eigene Aufnahme)



Abbildung 7.51: Aufgang zum Bahnsteig der Seilbahn
(Quelle: Eigene Aufnahme)



Abbildung 7.52: Bahnsteig der Seilbahn
(Quelle: Eigene Aufnahme)

Royal Victoria: DLR / Emirates Airline (10-MGD, 2012)

Die Seilbahnstationen am anderen Ufer der Themse scheint weitgehend gleich gestaltet und ausgerüstet. Der Weg zum Ausgang ist nach dem Aussteigen aus der Gondel gut erkennbar, liegt jedoch entgegen der Fahrtrichtung. Vor dem Ausgang aus der Station befindet sich eine Zugziel- und Warteanzeige für die etwa drei Minuten entfernte *DLR* Station. Diese gibt den Reisenden Aufschluss darüber, ob sie den nächsten Anschluss erreichen können. Der Weg zwischen Seilbahn und *DLR* ist gut beschildert und leicht zu finden, da auch hier nach wenigen Metern Sichtkontakt zur *DLR* bzw. zur Seilbahn besteht. Der Weg beinhaltet zwei Straßenquerungen (einmal mit Lichtsignal, einmal einfacher Schutzweg) und befindet sich ebenfalls im öffentlichen Straßenraum, wodurch es keinen Witterungsschutz gibt.

Die *DLR* Station *Royal Victoria* ist eine offene Haltestelle auf Bodenniveau ohne Stationsgebäude. Ein Bahnsteig ist direkt vom Gehsteig aus zu erreichen, der Zugang zum zweiten Bahnsteig erfolgt über eine Brücke, erschlossen mit Treppen und Liften. Die Bahnsteige sind mit einem überdachten Wartebereich inklusive Sitzgelegenheiten ausgestattet. Ein durchgängiges Blindenleitsystem sowie eine gelbe Warnlinie vor der Bahnsteigkante sind zu erkennen. Weiters findet man die üblichen Informationen zu Netz und Tarif sowie eine Zugziel- und Warteanzeige am Bahnsteig. Im Bahnsteigzugang befinden sich Fahrscheinautomaten sowie Vorrichtungen zum Entwerten der Tickets, jedoch keine Zugangsbarrieren. *DLR* Stationen sind nur in Knotenpunkten mit der *Tube* mit Zugangsbarrieren ausgerüstet. (Abbildung 7.53 und Abbildung 7.54)



Abbildung 7.53: Bahnsteig der DLR
(Quelle: Eigene Aufnahme)



Abbildung 7.54: Blick vom Bahnsteig der DLR auf den Fußweg zur Seilbahn
(Quelle: Eigene Aufnahme)

8. Fiktives Planungsprojekt

Im weiteren Verlauf dieser Arbeit wird die Planung eines intermodalen Seilbahnknotens in einem fiktiven Planungsprojekt erarbeitet. Für die Standortwahl wurde eine bereits bestehende U- oder S-Bahnstation im städtischen Kontext gesucht, deren Erweiterung durch eine Zubringerlinie bei zukünftigem Verkehrsaufkommen denkbar wäre. Bei der nachträglichen Erweiterung eines Verkehrsknotens können erschwerte Rahmenbedingungen wie räumliche oder konstruktive Einschränkungen bestehen, weshalb der Planungsaufwand den eines Stationneubaus in der Regel übertrifft. Die örtlichen Rahmenbedingungen sollten nicht im Konflikt mit der Wahl des Systems Seilbahn stehen. Das bedeutet zum Beispiel, dass die geradlinige Führung einer Seilbahntrasse mit Rücksichtnahme auf die umliegende Bebauung am gewählten Standort möglich sein sollte. Bestehende städtische Strukturen beschränken die Möglichkeiten zur Führung der Seilbahntrasse. Dadurch ergeben sich auch Einschränkungen für die räumliche Anordnung der Seilbahnstation. Auch Spannweiten, Linienlänge und Stationsabstände sollten zweckmäßig sein.

Nach Betrachtung und Diskussion von mehreren Standorten in Österreich wurde schließlich der Nahverkehrsknoten *Graz Don Bosco* mit der Erweiterung durch eine Seilbahn zum Stadtentwicklungsgebiet *Graz Reininghaus* gewählt.

Nachfolgend wird der Standort vorgestellt und die Ist-Situation am Verkehrsknoten beschrieben. Dabei werden besondere Herausforderungen und Einschränkungen für die Planung der Seilbahnstation identifiziert. Daraufhin werden mögliche Varianten für die Erweiterung des Verkehrsknotens erarbeitet und anhand verschiedener Kriterien verglichen. Die Variante, welche am geeignetsten erscheint, wird zur weiteren Planung herangezogen. Die Planung beinhaltet die Erstellung von Grundrissplänen aller Etagen sowie zwei maßgebende Schnitt- bzw. Ansichtspläne. Weiters werden die Anforderungen an das Informations- und Wegeleitsystem definiert und es werden grundlegende Leistungsberechnungen für die Zugangs- und Umsteigewege durchgeführt.

Zur Erhebung des Ist-Zustands wurde zum Beginn der Bearbeitung des Planungsprojekts eine Besichtigung des Nahverkehrsknotens Don Bosco und des Reininghaus Areals durchgeführt. Informationen zur zukünftigen Verkehrs- und Bebauungssituation des neuen Stadtteils werden dem *Rahmenplan Graz Reininghaus* entnommen.¹³⁶ Als Grundlage für die Planung der Stationserweiterung dienen die Bestandspläne des Verkehrsknotens.¹³⁷ Fehlende Abstands- und Höhendaten werden aus dem *Geodatenportal der österreichischen Bundesländer* gewonnen.¹³⁸ Außerdem liegen Pläne von verschiedenen Seilbahnstationen vor.¹³⁹ Informationen zur Seilbahntechnik und zur Dimensionierung von Seilbahnen und Seilbahnstationen werden in Fachgesprächen mit der Firma *Doppelmayr Cable Car* gesammelt.

¹³⁶ Rahmenplan Graz Reininghaus (www.reininghaus-findet-stadt.at/ansatz/rahmenplan).

¹³⁷ Bestandspläne des Verkehrsknotens Graz Don Bosco wurden freundlicherweise von der *ÖBB-Infrastruktur AG* und dem *Architekturbüro Zechner & Zechner* zur Verfügung gestellt.

¹³⁸ Geodatenportal der österreichischen Bundesländer (www.geoland.at).

¹³⁹ Pläne verschiedener Seilbahnstationen wurden freundlicherweise von der Firma *Doppelmayr Cable Car* zur Verfügung gestellt.

8.1. Ortsbeschreibung

Der Bahnhof *Graz Don Bosco* wurde 2007 als Teil der neuen Südbahn (*Koralmbahn*) und des Grazer S-Bahn-Netzes eröffnet. In *Graz Don Bosco* treffen die Süd- und die Ostbahnstrecke, auf welchen die S-Bahn-Linien S3, S5 und S6 verkehren, aufeinander und führen von dort weiter zum Hauptbahnhof. Es ist ein wichtiger Umsteigepunkt für aus dem Süden und Osten in die Stadt reisende Fahrgäste, da auch mehrere Buslinien direkt am Bahnhof halten. So wird eine Entlastung des Hauptbahnhofs und ein rascherer Transport ins Stadtzentrum ermöglicht. Der Stationszugang befindet sich im Bereich der Unterführung *Kärntner Straße*. Die Unterführung umfasst Kfz- und Busspuren sowie beidseitige Geh- und Radwege. Auch auf die Möglichkeit einer zukünftigen Straßenbahnhaltestelle wurde Rücksicht genommen. Aktuell halten neben S-Bahn und Regionalzügen die städtischen Buslinien 31, 32, 33 und 35 sowie Regionalbusse bei *Graz Don Bosco*.¹⁴⁰

In unmittelbarer Nähe zum Nahverkehrsknoten Don Bosco befindet sich das Stadtentwicklungsgebiet *Graz Reininghaus*. In dem 52 Hektar großen Areal sollen zukünftig 15.000 Menschen wohnen und arbeiten. In *Reininghaus* soll moderner und nachhaltiger Wohnraum geschaffen werden. Angestrebt wird eine kompakte Siedlungsstruktur mit hohem Grünflächenanteil, attraktiven Fuß- und Radverbindungen sowie einer guten ÖV-Anbindung. Im neuen Stadtteil soll nur der nötigste Individualverkehr unterwegs sein, Ziel ist ein MIV-Anteil von unter 32 %. *Graz Reininghaus* wird ein energieautarker und CO₂-neutraler Stadtteil. Das ermöglichen unter anderem energieeffiziente Gebäude, nachhaltige Energiegewinnung, die Nutzung von Niedertemperaturwärme aus dem benachbarten Stahlwerk *Marienhütte* und das Forcieren von E-Mobilität und Radverkehr. Das Viertel wird von einer zentralen ÖV-Achse von Norden nach Süden durchzogen. Diese soll, erst von Bussen und später von der verlängerten Straßenbahnlinie 3 befahren werden. Parallel dazu soll eine 800 m lange *Esplanade* großzügige Grünflächen, Spielplätze, Wasserelemente und Sporteinrichtungen beinhalten.¹⁴¹

Zusätzlich zur Anbindung in Richtung Hauptbahnhof soll auch eine Verbindung mit dem Nahverkehrsknoten *Graz Don Bosco* geschaffen werden. Für die Bearbeitung des Planungsprojekts wird angenommen, dass diese Verbindung als Seilbahn ausgeführt wird. Dadurch würde am Standort *Graz Don Bosco* ein intermodaler Knoten zwischen Seilbahn, S-Bahn und Busverkehr entstehen. Die Stärken der Seilbahn (wie Energieeffizienz, Flexibilität, gestalterische Integrierbarkeit im urbanen Raum, Sicherheit, Umweltfreundlichkeit und geringer Flächenbedarf) stehen im Einklang mit den Werten des zukünftigen Stadtteils *Reininghaus*.

8.2. Annahmen zur Seilbahnlinie

Die *Reininghausseilbahn* dient der Anbindung des neuen Stadtteils *Reininghaus* an den Nahverkehrsknoten *Graz Don Bosco*. Es wird angenommen, dass die Trasse von *Graz Don Bosco* entlang der *Wetzelsdorfer Straße* verläuft, die *Südbahnstraße* und die *Alte Post Straße* quert und dann auf den neu entstehenden Platz zwischen der *Alte Post Straße* und der zukünftigen *Esplanade* führt, wo sich die vom Hauptbahnhof kommende Straßenbahnstrecke befinden wird. Auch eine zweite Sektion bis zur Brauhausstraße wäre denkbar. Beide Abschnitte sind etwa 450 m lang. (Abbildung 8.1)

¹⁴⁰ Vgl. Steirische Verkehrsverbund GmbH, 2016.

¹⁴¹ Vgl. Reininghausboard, 2016.

Da zur Erstellung der Diplomarbeit kein Verkehrsmodell für das Stadterweiterungsgebiet *Reininghaus* zur Verfügung steht, wird für die weitere Planung angenommen, dass von der Seilbahn unter Vollast eine Leistung von 3.000 Personen pro Stunde und Richtung gefordert wird. Diese Wahl bietet großzügige Reserven für verschiedene zukünftige Szenarien wie zum Beispiel eine Fahrplanverdichtung auf der S-Bahn, eine Verlängerung der Seilbahn und ein weiteres Wachstum von Wohnraum und Arbeitsplätzen im Einzugsgebiet. Um die Akzeptanz der neuen Seilbahn als öffentliches Verkehrsmittel zu fördern, sollen möglichst große Fahrzeuge mit einer für den ÖPNV typischen Einrichtung eingesetzt werden. Als Bauart wird daher die 3S-Bahn gewählt. Antrieb, Garagierung und Betriebsräume sollen in der Knotenstation *Graz Don Bosco* untergebracht sein, um bei *Reininghaus Esplanade* möglichst wenig Fläche zu verbrauchen und eine einfache Erweiterbarkeit der Seilbahn zu ermöglichen.

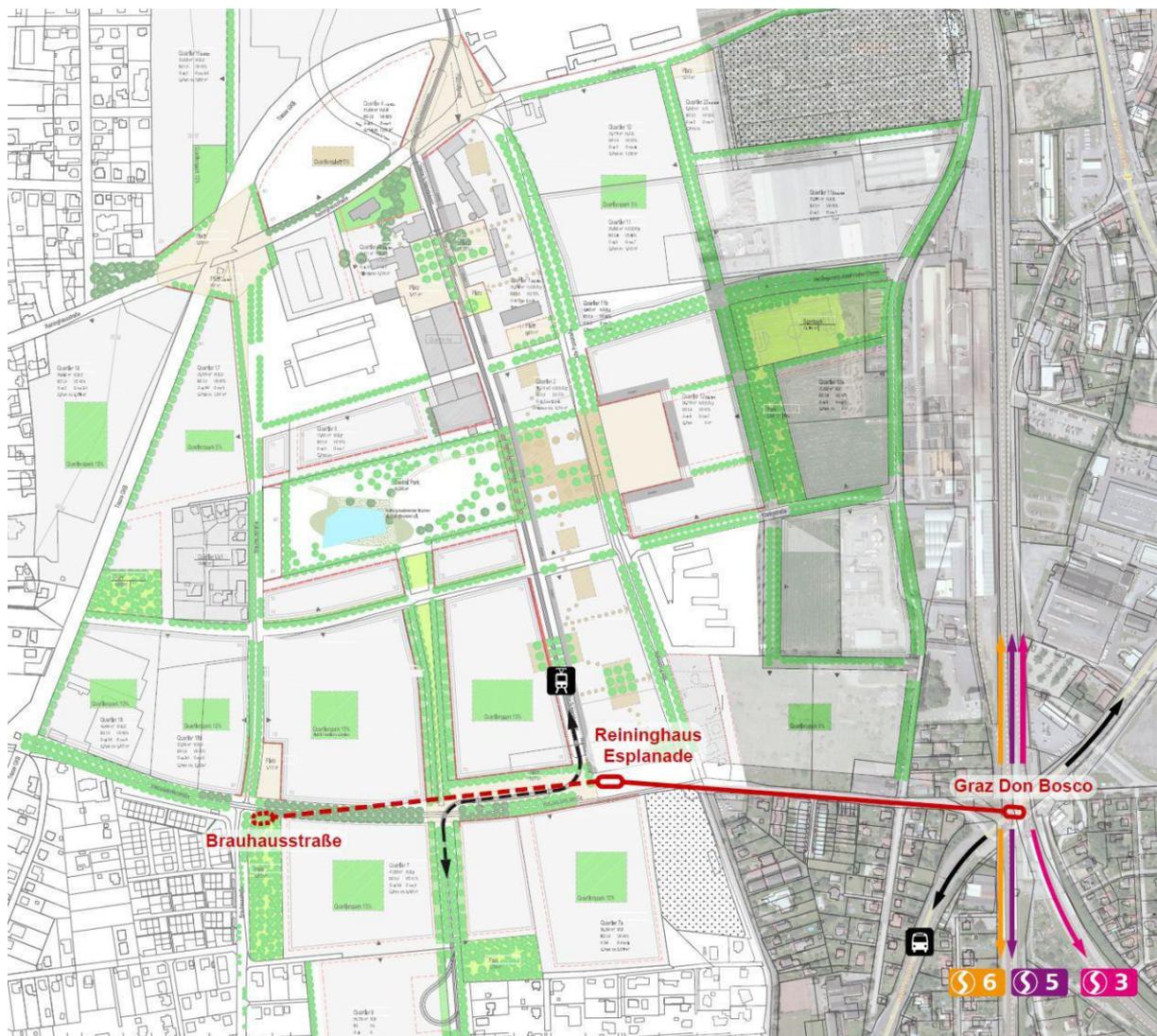


Abbildung 8.1: Übersichtplan Stadtentwicklungsgebiet Graz Reininghaus mit möglicher Seilbahnstrasse
(Eigene Darstellung auf Rahmenplan Graz Reininghaus & geoland.at, 2016)

8.3. Bestehende Situation S-Bahn Knoten

Durch den Nahverkehrsknoten *Graz Don Bosco* führen die Grazer Süd- und Ostbahn, jeweils zweigleisig, für die Südbahn ist jedoch ein viergleisiger Ausbau geplant. Im Bereich der Station beginnt sich die Ostbahn durch einen Bogen (*Linie S3, Bahnsteig 5 und 6*) von der geradlinig verlaufenden Südbahn (*Linien S5 und S6, Bahnsteig 1 und 2*) zu entfernen. Die vier Gleise, sind mit Seitenbahnsteigen ausgestattet. Die innenseitig liegenden Bahnsteige (*Bahnsteig 2 und 5*) sind durch einen Übergang verbunden. Bei viergleisigem Ausbau wird dieser entfernt und die inneren Bahnsteige werden als Inselbahnsteige jeweils zwei Gleise bedienen. Deshalb verfügen sie bereits heute über zwei getrennte Zugänge. Laut Informationen der ÖBB ist eine Trennung von Nah- und Fernverkehr auch nach dem viergleisigen Ausbau der Südbahn nicht vorgesehen. Ein S-Bahn-Betrieb ist dann auf allen sechs Bahnsteigen möglich.¹⁴² Der Abstand zwischen den Gleisanlagen der beiden Bahnlinien erweitert sich von etwa 12 m am nördlichen Ende der Straßenüberführung bis auf etwa 35 m am südlichen Abschluss der Station, wodurch sich eine geräumige Situation ergibt. Diese wird mit dem viergleisigen Ausbau zwar verdichtet, bleibt durch die abzweigende Trassierung der Ostbahn aber dennoch teilweise erhalten. Zwischen den beiden Bahnlinien besteht nach dem südlichen Abschluss der Station für weitere 25 m keine Bebauung. Ein Teil dieses Zwischenraums ist als Wendemöglichkeit für den bis zum Stationsabschluss führenden Begleitweg freigehalten. (Abbildung 8.2)



Abbildung 8.2: Nahverkehrsknoten Graz Don Bosco, Luftbild, Blick von Nord-Westen
(Quelle: ÖBB-Infrastruktur AG, Steiner, 2015)

Die Bahnsteigzugänge befinden sich im Bereich der Unterführung *Kärntner Straße* und sind als Treppenanlagen mit je zwei Zwischenpodesten ausgeführt. Dadurch liegt auch die Verteilerebene zum Wechseln zwischen den Bahnsteigen in der

¹⁴² Vgl. ÖBB-Infrastruktur AG, Löffler, 2016.

Unterführung. Für jeden Bahnsteig ist weiters der Einbau eines Lifts vorbereitet. Am unteren Anfang der Bahnsteigzugänge sind Ticketautomaten und digitale Zuganzeigen vorhanden. (Abbildung 8.3) Direkt vor den Bahnsteigzugängen befinden sich die Haltestellen der städtischen Busse, wenige Meter weiter, östlich des Bahnhofs, die Regionalbushaltestellen. Am östlichen und westlichen Bahnhofsvorplatz stehen Fahrradabstellanlagen zur Verfügung, auf westlicher Seite auch mit Überdachung. (Abbildung 8.4)



Abbildung 8.3: Bahnsteigzugang in der Unterführung
(Quelle: Eigene Aufnahme)



Abbildung 8.4: Blick von den Regionalbushaltestellen auf den östlichen Stationsvorplatz
(Quelle: Eigene Aufnahme)

Die Bahnsteige sind überdacht und mit Sitzgelegenheiten, Informationsvitrinen, Notrufsäulen, Snackautomaten und Abfallbehältern ausgestattet. (Abbildung 8.5) Weiters befindet sich auf jedem der vier Bahnsteige ein transparent ausgeführter, abgeschlossener Warteraum als Witterungsschutz. (Abbildung 8.6) In den Informationsvitrinen finden sich Fahrpläne und andere Informationen zum Stations- und Netzbetrieb. Sowohl die Bahnsteige als auch die Zugänge sind mit einer klaren Beschilderung sowie einem durchgängigen Blindenleitsystem ausgestattet. (Abbildung 8.7)

Auch die Haltestellen der städtischen Busse bieten Sitzgelegenheiten, Abfallbehälter und digitale Warteanzeigen sowie einen Fahrplan- und Informationsaushang. Sie sind durch die Lage in der Unterführung komplett überdacht. (Abbildung 8.8)



Abbildung 8.5: Bahnsteig der S-Bahn
(Quelle: Eigene Aufnahme)



Abbildung 8.6: Witterungsschutz am Bahnsteig
(Quelle: Eigene Aufnahme)



Abbildung 8.7: Beschilderung und Blindenleitsystem
(Quelle: Eigene Aufnahme)



Abbildung 8.8: Stadtbushaltestellen in der Unterführung
(Quelle: Eigene Aufnahme)

8.4. Platzbedarf für Seilbahnstation und Garagierung

Die minimalen Abmessungen einer 3S-Bahn-Endstation liegen bei 38 m Länge, 20 m Breite und 11,50 m Höhe.¹⁴³ Als Fahrzeuge werden Kabinen mit einem Fassungsvermögen von 35 Personen und einer Länge von 3,70 m gewählt. Diese Bauart hat sich im urbanen Einsatz bereits bei der *Rheinseilbahn* in Koblenz bewährt. Die Seilbahn wird auf eine Fahrgeschwindigkeit von 7,50 m/s ausgelegt, dieser Wert gilt als ausführlich erprobt. Aus der geforderten Leistungsfähigkeit und der Fahrzeugkapazität lässt sich das Intervall zwischen den Fahrzeugen abschätzen. Verglichen mit der gesamten Umlaufzeit der Seilbahn, welche sich aus Fahrzeit und Stationszeit zusammensetzt, ergibt sich die erforderliche Anzahl von 11 Fahrzeugen. (Tabelle 8.1) Bei der Standardausführung einer 3S-Bahn-Umkehrstation beträgt die Stationszeit 165 s. Kommt es aufgrund der Stationsplanung zu einem verlängerten Umlauf, so ist die Stationszeit erhöht und die Fahrzeuganzahl muss erneut berechnet werden.

Systemkennzahlen	Berechnung	Wert
Leistungsfähigkeit [P/h/Richtung]	Laut Annahmen	3.000
Fahrzeugkapazität [P]	Laut Annahmen	35
Fahrgeschwindigkeit [m/s]	Laut Annahmen	7,50
Fahrzeugintervall [s]	$3.600 \text{ s} / (3.000 \text{ P/h/Richtung} / 35 \text{ P})$	42
Stationszeit [s]	Laut Annahmen	165
Stationsanzahl	Laut Annahmen	2
Umlaufzeit [s]	$(2 * 450 \text{ m}) / 7,50 \text{ m/s} + 2 * 165 \text{ s}$	450
Fahrzeuganzahl (aufgerundet)	$450 \text{ s} / 42 \text{ s}$	11

Tabelle 8.1: Systemkennzahlen der Seilbahn (Vorbemessung)
(Eigene Darstellung, Quelle: Doppelmayr Berechnungstabelle)

Angesichts der geringen Anzahl an Fahrzeugen wird davon ausgegangen, dass die Garagierung der Gondeln innerhalb der Station auf dem regulären Fahrweg erfolgen kann. Es ist daher kein zusätzliches Garagierungsbauwerk erforderlich.

¹⁴³ Vgl. Dale et al., 2013, S. 33.

Die erforderliche Bahnsteiglänge besteht aus einem nutzbaren Anteil, welcher sich aus den Anlagedaten berechnet, sowie einem fixen Anteil zum Schließen der Türen und zu Überwachungszwecken. Im betrachteten Beispiel beträgt die minimale Bahnsteiglänge 8,50 m. (Tabelle 8.2)

Bahnsteiglänge	Berechnung	Wert
Abstandsfaktor Fahrzeuge	Herstellerangabe	1,20
Fahrgeschwindigkeit in Station [m/s]	$(3,70 \text{ m} * 1,20) / 42 \text{ s} < 0,2$	0,11
Zeit/Person und Vorgang [s]	Zwischen 0,50 und 1,0 wählen	0,90
Nutzbare Länge pro Vorgang [m]	$0,90 \text{ s} * 35 \text{ P} * 0,11 \text{ m/s}$	3,50
Türen Schließen und Überwachung [m]	Herstellerangabe	1,50
Gesamtlänge für Ein- und Ausstieg [m]	$1,50 \text{ m} + 2 * 3,50 \text{ m}$	8,50

Tabelle 8.2: Berechnung der erforderlichen Bahnsteiglänge (Eigene Darstellung, Quelle: Doppelmayer Berechnungstabelle)

8.5. Räumliche Varianten der Knotengestaltung

Bei der Wahl des Stationsstandorts müssen Grundsätze beachtet werden, welche sich aus den Systemeigenschaften der 3S-Bahn ergeben:

- Die Stationseinfahrt und die dahinter liegenden Spanneinrichtungen des Tragseils sowie der Antrieb des Zugseils müssen in der Seilbahnachse liegen. Die restlichen Teile der Station (Bahnsteige, Zu- und Abgang, Transfer- und Aufenthaltsbereiche, etc.) können sich in verschwenkter Lage befinden.
- Zur Abspannung des Tragseils ist eine größere Bauhöhe erforderlich als in den restlichen Stationsbereichen, da in diesem Bereich die Seilkräfte des Tragseils abgeleitet werden.
- Es gibt verschiedene Ausführungen von Seilbahnantrieben mit unterschiedlichem Platzbedarf. Der Antrieb kann über und unter den Seilscheiben angeordnet werden.
- Die Seilscheiben dienen auch als Spanneinrichtung für das Zugseil. Über die Auflager der Seilscheiben müssen die Seilkräfte des Zugseils abgeleitet werden.
- Der Umkehrbogen sieht eine zentrale Lagerung vor. Dies kann auf einer Stütze liegend oder einem Träger hängend ausgeführt werden. Neben der Fahrspur muss auch das Gewicht der Fahrzeuge getragen werden. Es kommt daher zu einer wandernden Momentenbelastung.

Zur Identifikation von möglichen Standorten wird die bestehende Situation des Verkehrsknotens mit der zukünftigen Seilbahnachse überlagert. Durch die Platzverhältnisse bieten sich zunächst drei Möglichkeiten zur Platzierung der Seilbahnstation, welche als Variante *A*, *B* und *C* in Abbildung 8.9 dargestellt sind. Die Untersuchung anderer Varianten erscheint nicht zweckmäßig. Bei den Varianten *A* und *B* befindet sich die Stationseinfahrt mit den Spann- und Antriebsanlagen im bisher ungenutzten Böschungsbereich westlich der Bahntrasse, zwischen *Wetzelsdorfer Straße* und *Kärntner Straße*. Bei Variante *A* liegt das restliche Stationsbauwerk um fast 90° verschwenkt, parallel zur Bahntrasse in Hochlage über der Straßenkreuzung. Bei Variante *B* befindet sich die restliche Station in der verlängerten Seilbahnachse über der Bahnstrecke. Die Station wäre daher deutlich

höher als in Variante A. Bei Variante C befindet sich die Station im Bereich der Regionalbushaltestelle östlich der Bahnstation. Eine Ausführung in Hochlage sowie eine abgesenkte Ausführung mit Vertikalförderung wäre denkbar. Je nach Umsetzung ergibt sich eine mehr oder weniger weitreichende Beeinträchtigung der Busstation, was jedenfalls eine Umstrukturierung erfordern würde.

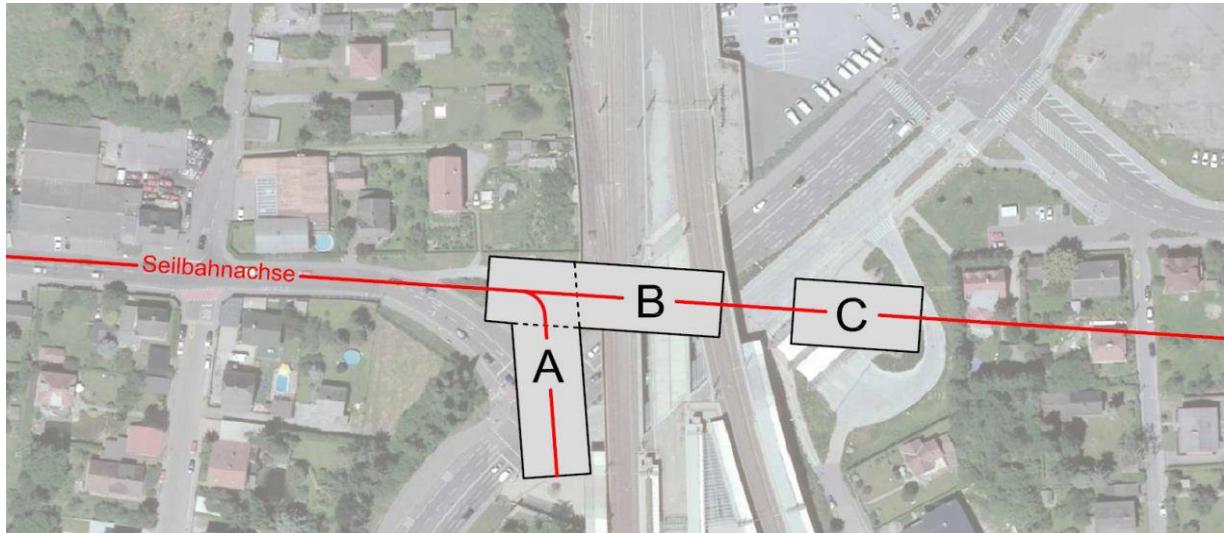


Abbildung 8.9: Räumliche Varianten für Seilbahnstation (Eigene Darstellung auf geoland.at, 2016)

Bei Variante A muss die Bahn nicht von der Seilbahn überquert werden. Außer der Einhaltung von erforderlichen Sicherheitsabständen zu Bahn und Fahrleitung sind keine Beeinflussungen zwischen den Bauarbeiten und dem Bahnverkehr zu erwarten. Es könnte eine geringe Bauhöhe, ähnlich wie die der Bahnstation gewählt werden. Die Lage im Kreuzungsbereich erfordert jedoch eine brückenartige Tragkonstruktion mit großen Spannweiten. Außerdem würde der Aufgang zur Seilbahn einen großen Teil des westlichen Stationsvorplatzes einnehmen, was eine beengte Situation hervorbringen könnte. Nachteilig für den Straßen- und Fußgängerverkehr ist, dass sich die Unterführungssituation der Kärntnerstraße erweitern würde. Im Ortsbild würde der Verkehrsknoten deutlich vergrößert wirken. Die Verminderung von Freiflächen droht eine weniger attraktive Situation hervorzubringen. Die Umsteigewege zu den Bahnsteigen sind lang, da sie von der Seilbahnstation in Hochlage durch die Verteilerebene auf Straßenniveau zu den Bahnsteigen in Hochlage führen.

In Variante B wird für die Errichtung der Seilbahnstation wenig zusätzliche Fläche benötigt, da sie zum größten Teil über der bestehenden Bahnanlage entstehen würde. Die Infrastrukturfläche der Bahn ist nicht für andere Nutzungen verfügbar und hat keinen schützenswerten Einfluss auf das Ortsbild. Es ist daher die Variante mit der geringsten Beeinträchtigung des öffentlichen Raumes. Variante B bietet für vier von sechs zukünftigen Bahnsteigen den kürzesten Umsteigeweg und ist die einzige Variante, welche eine tatsächliche bauliche Integration der Seilbahnstation ermöglicht, während die Varianten A und C ein unabhängiges neben der Bahn liegendes Stationsgebäude schaffen. Bestehende Stationszugänge sowie Treppen und Aufzüge können integriert werden, was zur Übersichtlichkeit im Verkehrsknoten beiträgt. Für Fahrgäste, welche nicht zur S-Bahn umsteigen, ist die Seilbahn auf Ebene +2 etwas schwieriger zu erreichen als die S-Bahn auf Ebene +1. Vorteilhaft ist jedoch, dass die bestehenden Aufzüge erweitert werden können, sodass S-Bahn und Seilbahn vom Stationszugang mit den selben Aufzügen zu erreichen sind. Nachteilig ist, dass die Planung und Herstellung des Bauwerks über der Bahn besonders

aufwendig ist. Während der Bauzeit ist eine erhebliche Beeinflussung des Zugverkehrs zu erwarten. In manchen Bauabschnitten müsste der Bahnverkehr komplett eingestellt werden, was die Einrichtung eines Schienenersatzverkehrs und Arbeiten in den Nachtstunden verlangen könnte.

Bei Variante *C* überquert die Seilbahn die Bahntrasse. Die Herstellung betreffend gibt es dennoch keine langwierigen Beeinträchtigungen für den Bahnverkehr. Diese beschränken sich im Wesentlichen auf das Ziehen der Seile. Bei Herstellung der Seilbahnstation in Hochlage könnte der Vorplatz mit der Funktion als Regionalbushaltestelle erhalten bleiben. Bei Lage auf Höhe der Bahn (+1) wäre dennoch eine steile Stationsausfahrt notwendig um den Lichtraum der Bahn zu überfahren. Die Station könnte sich auch nicht direkt neben der Bahntrasse befinden. Je höher die Station liegt, desto näher könnte sie an die Bahn gerückt werden. In beiden Fällen (höhere oder entferntere Lage) ist jedoch mit langen Umsteigewegen zu rechnen. Das Überbauen der Busstation hätte eine beengende und verdunkelnde Wirkung. Bei Errichtung der Station in niedriger Lage mit dem Einsatz einer Vertikalförderung könnten kürzere Umsteigewege erreicht werden. Beim Umsteigen müsste nur der Niveauunterschied zwischen Straßen- und Bahnebene überwunden werden. Die Erreichbarkeit der Seilbahn wäre besonders attraktiv. Jedoch würde ein erheblicher Flächenbedarf im Bereich der Regionalbushaltestellen entstehen, was eine Verlegung oder Verkleinerung verlangen würde. Die Errichtung eines zusätzlichen Gebäudes würde, wenn auch auf der Fläche des Busverkehrs, den Eindruck eines vergrößerten Verkehrsknotens bringen. Dank der großzügigeren Platzverhältnisse im Vergleich zum westlichen Vorplatz muss Variante *C* bei hochwertiger Gestaltung keine Verschlechterung des Ortsbilds bedeuten.

Tabelle 8.3 fasst die wesentlichen Eigenschaften der drei Varianten zusammen.

Für die weitere Planung wird Variante *B* gewählt. Sie überzeugt durch die Möglichkeit attraktive Umsteigebedingungen zu schaffen und bestehende Erschließungsinfrastruktur zu integrieren sowie durch die Schonung von öffentlichen Flächen. Dafür wird ein höherer Planungs- und Herstellungsaufwand in Kauf genommen. Die Varianten *A* und *C* werden nicht weiter untersucht.

Variantenvergleich	A	B	C
Lage zur Bahn	Kein Berührungspunkt	Bauwerk über den Bahnanlagen	Seilbahntrasse quert Bahntrasse
Zugang	Vom westlichen Vorplatz	Über die Bahnsteige der S-Bahn	Vom östlichen Vorplatz
Integration	Zusätzliches Gebäude	Räumlich integriert	Zusätzliches Gebäude
Erschließung	Unabhängig vom Bestand	Stationszugänge, Treppen und Aufzüge integriert	Unabhängig vom Bestand
Min. Länge der Umsteige- verbindung (Schätzung)	60 m (Bstg. 1) bis 120 m (Bstg. 6)	60 m (Bstg. 2,3,4,5) bis 90 m (Bstg. 1,6)	70 m (Bstg. 6) bis 130 m (Bstg. 1)
Erreichbarkeit Seilbahnstation	Wie Bahn (Ebene +1)	Schwieriger (Ebene +2)	Wie Bahn (Ebene +1) bzw. besser (Ebene 0)
Umsteigeverbindung	Überwindung von zwei Niveaus, Aufzugwechsel erforderlich	Überwindung von einem Niveau, kein Aufzugwechsel erforderlich	Überwindung von ein bis zwei Niveaus, Aufzugwechsel erforderlich
Einfluss auf Verkehrsknoten	Verdichtete Situation am westlichen Vorplatz	Liegt großteils über der bestehenden Bahnstrecke	Verdichtung, Verkleinerung oder Verlegung der Regionalbusstation
Einfluss auf Erscheinungsbild	Erweiterte Unter- führungssituation	Große Bauhöhe	Zusätzliches Gebäude
Flächenverbrauch	Hoch	Niedrig	Hoch
Planungs- & Herstellungsaufwand*	Mittel	Hoch	Niedrig
Einfluss der Bauarbeiten auf den Bahnverkehr	Gering	Erheblich	Gering

Tabelle 8.3: Variantenvergleich (Eigene Darstellung)

*) Vergleich in Bezug auf unmittelbare Umgebungseinflüsse. Der Planungs- und Herstellungsaufwand wird maßgeblich von architektonischen und funktionalen Anforderungen beeinflusst.

8.6. Entwurf der Seilbahnstation

Die Seilbahnstation am Nahverkehrsknoten Graz Don Bosco soll gemäß Kapitel 8.5 über der Bahnstrecke errichtet werden. Der Bereich in dem sich die Fahrwege von Bahn und Seilbahn kreuzen liegt etwa 30 m nördlich vom Abschluss der *Bahnsteige 4 & 5* und befindet sich über der Straßenunterführung. Bahn- und Seilbahntrasse liegen etwa im rechten Winkel aufeinander. Dadurch ergibt sich die Seilbahnstation mit dem Übergang zu den Bahnsteigen der S-Bahn zu einer L-förmigen Struktur. Die Station wird in leichter Stahlbauweise mit großem Glasflächenanteil hergestellt und stützt sich am Bahndamm nördlich und südlich, auf einem massiven Gebäudeteil westlich und auf der Verkehrsinsel in der Unterführung ab. Die Möglichkeiten der konstruktiven Gestaltung des Bauwerks werden durch die darunterliegende *Kärntner Straße* maßgeblich eingeschränkt. Neben den vier Fahrstreifen müssen auch der nebenliegende Geh- und Fahrradweg und die Bushaltestellen und Bahnsteigzugänge frei von Stützen bleiben. Abbildung 8.10 gibt einen Überblick über den Entwurf des intermodalen Verkehrsknotens.

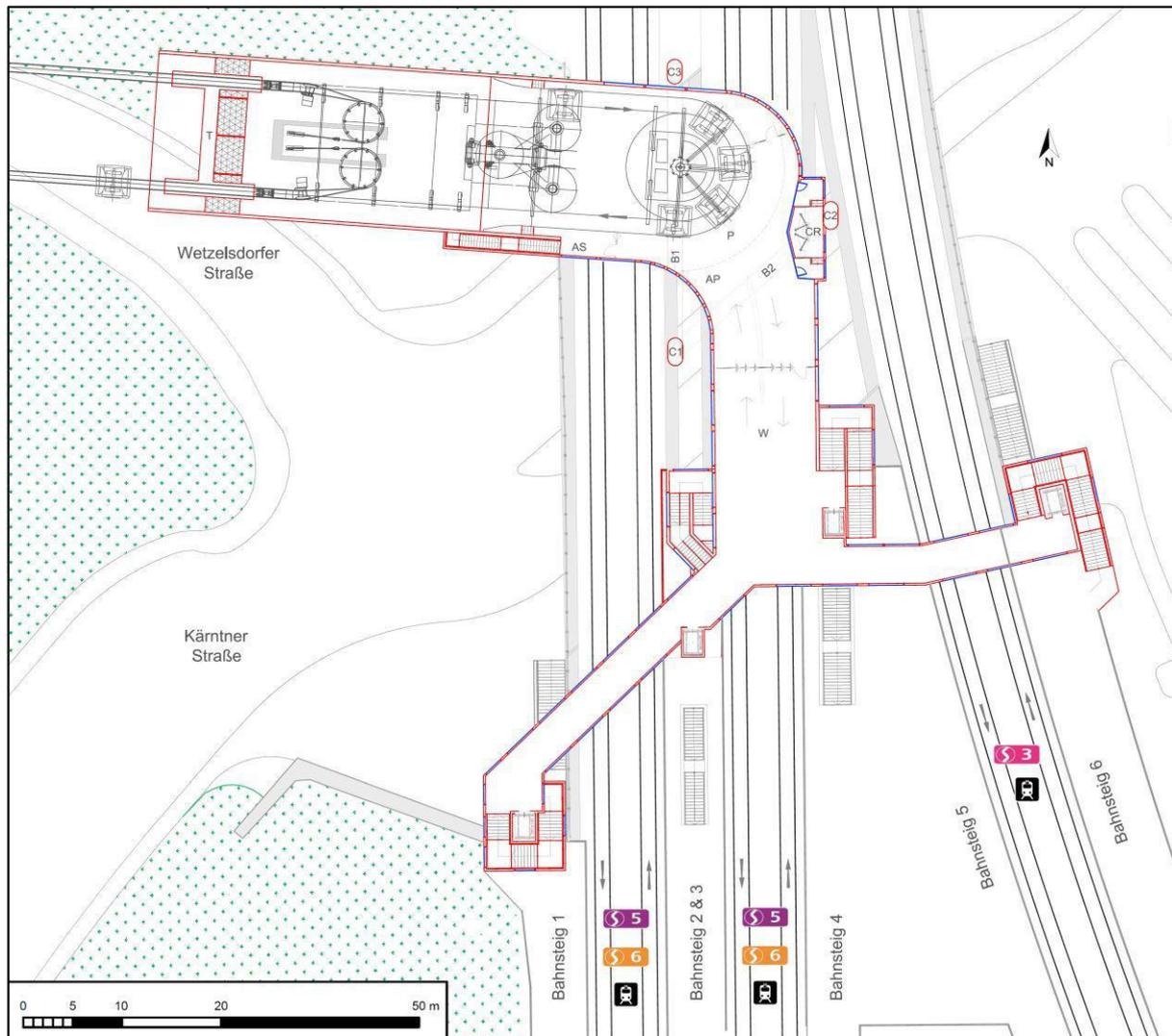


Abbildung 8.10: Planung des intermodalen Verkehrsknotens, Übersichtsplan (Eigene Darstellung)

In dem massiven Gebäudeteil bei der Stationsaus- und -einfahrt liegen die Abspannung der Tragseile, der Seilbahnantrieb sowie verschiedene betriebliche Räumlichkeiten und der Personalzugang der Seilbahn. Das Stationsgebäude erstreckt sich südlich bis zu den Bahnsteigenden der S-Bahn, um eine direkte Umsteigeverbindung zu schaffen. Weiter im Inneren der Station, nach der Tragseilabspannung, liegen die Zugseilscheiben und der in unverschwenkter Lage angeordnete Umkehrbogen. Die Last des Umkehrbogens und der umliegenden Gebäudehülle wird durch eine brückenartige Tragkonstruktion abgeleitet. Sie besteht aus dem *Träger (B1)* welcher von *Stütze (C1)* zu *Stütze (C3)* über der Seilbahntechnik durch das Gebäude ragt und einer abgehängten Sekundärkonstruktion aus Stahl. Zum Abtragen der Gebäudelast ist ein zweiter *Träger (B2)* vorgesehen, welcher parallel zur Verkehrsinsel auf den *Stützen (C1)* und *(C2)* liegt. Sein Einflussbereich liegt zwischen dem von *Träger (B1)* und dem der Stützen auf Bahndamm und Bahnsteigen südlich. Die Lasten westlich des Einflussbereichs von *Träger (B1)* werden in den massiven Gebäudeteil eingeleitet. Die Dachkonstruktion wird von den seitlichen Wänden des massiven Gebäudeteils, *Träger (B1)* und der verlängerten *Sattelstütze (T)* getragen. Der gemeinsame Bahnsteig für ein- und aussteigende Fahrgäste (*P*) befindet sich zum Teil im Umkehrbogen. Südlich des Bahnsteigs liegt der Übergang zur Bahnstation, welcher als Transfer- und Wartebereich dient. Die Breite des Übergangs erstreckt sich über

die mittleren zwei Bahngleise, sodass beidseitig Stützen zwischen den mittleren und den äußeren Gleisen errichtet werden können. Um auch von den äußeren Bahnsteigen einen direkten Übergang zur Seilbahn zu ermöglichen, werden diese durch Fußgeherbrücken mit der Seilbahnstation verbunden. Auf jedem Bahnsteig wird ein Treppenaufgang zur Seilbahn errichtet. Die Aufzüge werden bis zum Seilbahniveau erweitert.

Ein alternatives Konzept mit geradem Bahnsteig wurde verworfen, da es eine Verlängerung der Stationszeit von etwa zwei Minuten mit sich gebracht hätte. Um die Stationszeit für die Fahrgäste zu verkürzen, wäre ein zweiter, gegenüberliegender Richtungsbahnsteig erforderlich. Dieser hätte ein komplexeres Gebäude und weniger übersichtliche und komfortable Umsteigewege zur Folge. Der Vorteil dieses Konzepts wäre, dass der Umkehrbogen auf einer Stütze gelagert werden könnte. Diese würde sich auf der Verkehrsinsel zwischen Fahrbahn und Bushaltestellen bzw. zwischen den zwei östlichen Brückenpfeilern befinden. (Abbildung 8.11)

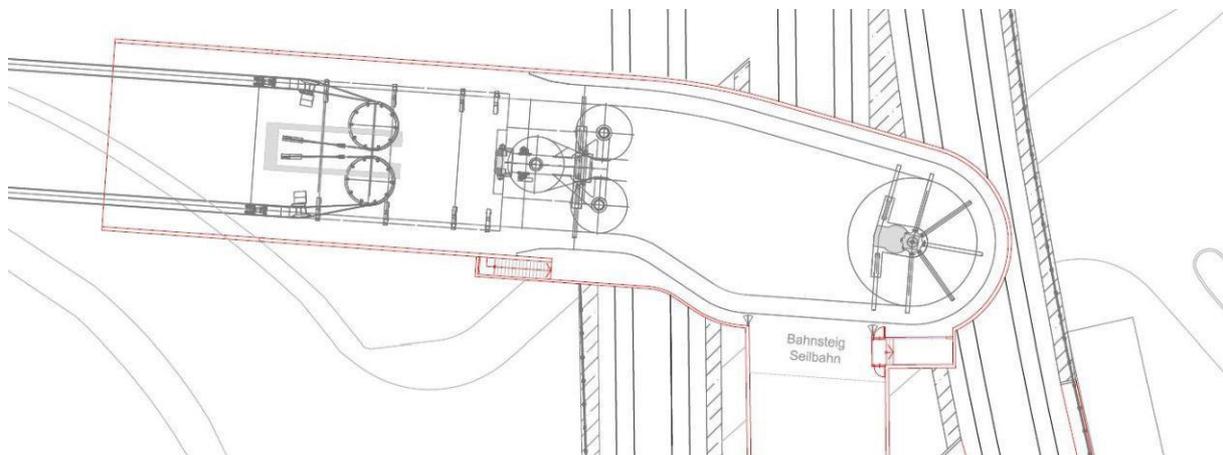


Abbildung 8.11: Alternativer Entwurf mit geradem Bahnsteig (Eigene Darstellung)

Im Zuge der weiteren Bearbeitung wurden drei Grundrisspläne im Maßstab 1:400 sowie eine Ansicht und ein Schnitt im Maßstab 1:250 erstellt. (Siehe Anhang) Außerdem wurde für alle maßgebenden Wegstücke eine Leistungsberechnung nach den in Kapitel 5.1 beschriebenen Verkehrsstufen (LoS) durchgeführt.

Grundriss L0 (Straßenniveau)

Im Grundrissplan auf Straßenniveau sind das Erdgeschoss der Seilbahnstation, die Straßenunterführung, die Bahnsteigzugänge, die Stationsvorplätze und die bestehenden Fußgeherquerungen dargestellt. Im Erdgeschoss der Seilbahnstation befindet sich der *Seilbahnantrieb (D)*, der *Notantrieb (E)* und der Raum „*Niederspannung und HKLS*“ (LV+HV), welcher Platz für die elektrischen und gebäudetechnischen Anlagen bietet. Am westlichen Gebäudeende befindet sich der massive Tragseilschacht. Die Böschung nördlich des Gebäudes wird durch die Fortsetzung der Bohrpfehlwand zwischen Bahndamm und Straßenunterführung gesichert. In der Außenwand des Stationsgebäudes, östlich des Seilbahntriebs, befindet sich eine massive Stütze, welche die Last der Zugseilscheiben trägt. Zu Wartungs- und Revisionszwecken kann der Antriebsraum von außen durch ein 4,50 m breites Rolltor erreicht werden. In der Gebäudemitte befindet sich das nach oben führende Stiegenhaus, welches durch den Personalzugang (AS) erreicht wird.

Auf der nördlichen Seite der Straßenunterführung liegt ein Geh- und Radweg. Daneben befindet sich die *Kärntner Straße* mit zwei Fahrstreifen stadteinwärts und zwei Fahrstreifen stadtauswärts. Auf der Verkehrsinsel, welche die *Kärntner Straße*

von der Nebenfahrbahn abgrenzt, stehen drei Betonpfeiler der Eisenbahnbrücke. Zwischen den Brückenpfeilern und am Bahndamm nördlich der Unterführung werden insgesamt drei massive Betonstützen (*C1, C2, C3*) errichtet auf welchen die Tragkonstruktion des Umkehrbogens und des Stationsgebäudes aufliegt. Auf der Nebenfahrbahn sind die Haltestellen der Stadtbuslinien 31, 32 und 33 zu erkennen. Am südlichen Rand der Unterführung sowie auf dem westlichen und östlichen Vorplatz befinden sich die Bahnsteigzugänge, jeweils mit einer Treppe und einem Aufzug. Weiters ist im Plan die Lage der Regionalbushaltestellen und der bestehenden Fahrradabstellanlage dargestellt.

Grundriss L1 (Bahnniveau)

Der Grundrissplan auf Bahnniveau zeigt das Zwischengeschoss im Stationsgebäude der Seilbahn, den Verlauf der Bahntrasse mit dem Brückentragwerk über der *Kärntner Straße* und die bestehenden Bahnsteige der Süd- und Ostbahn.

Im Zwischengeschoss befinden sich die Personalräume (*C, S*). Diese beinhalten Umkleiden, Duschen, Toiletten und einen Aufenthaltsraum mit Küche. Außerdem liegt im Zwischengeschoss ein großzügiger Raum für *Betrieb und Wartung (O&M)*. Das Stiegenhaus führt im weiteren Verlauf nach oben zum Bahnsteigbereich der Seilbahn.

An den nördlichen Enden der Bahnsteige sind jeweils der bestehende Treppenzugang von der Unterführung sowie der neue Treppenaufgang zur Seilbahn dargestellt. Die *Bahnsteige 2 & 3* werden Richtung Norden um etwa 15 m verlängert. Die Bahntrasse ist beidseitig mit Lärmschutzwänden abgeschlossen. Stützen, welche das darüber liegende Bauwerk tragen, befinden sich zum größten Teil auf den Bahnsteigen. Sie sind schematisch dargestellt und entsprechend statischer Erfordernisse auszuführen.

Grundriss L2 (Seilbahnniveau)

Im Grundriss auf Seilbahnniveau ist die Seilbahnstation mit allen Zugängen dargestellt. Im massiven Bauteil westlich der Bahn befindet sich die Abspannung der Tragseile. Diese werden mehrfach um zwei auf dem Betonschacht aufliegende Poller gewickelt und festgeklemmt. Die freien Seilenden hängen in den Schacht. An dieser Stelle werden die Tragseile in bestimmten Intervallen nachgespannt. Dahinter liegen die drei erforderlichen Seilscheiben des Zugseils inklusive der Antriebscheibe. Vor der Stationsein- und -ausfahrt befindet sich ein Fangnetz. Vor der Ablenkung der Tragseile liegt der Übergang von den Tragseilen auf den Stationsfahrweg. Etwa im Bereich der Poller, um welche die Tragseile gewickelt sind, liegt der Punkt der Abkopplung. An diesem wird die Verbindung der Fahrzeuge mit dem Zugseil gelöst. Da der Fahrweg in diesem Bereich leicht ansteigt nimmt die Geschwindigkeit der einfahrenden Fahrzeuge ab. Im weiteren Stationsverlauf werden die Fahrzeuge nicht mehr vom Zugseil sondern von der Stationsförderung bewegt. Die *Sattelstütze (T)* in der Stationseinfahrt ist durch eine vorgezogene Wand- und Dachkonstruktion eingehaust. Diese Maßnahme reduziert die Lärmbelastung in der Umgebung, welche durch das Überfahren der *Sattelstütze (T)* entsteht. Südlich vom Fahrweg der Seilbahn befindet sich der *Personalzugang (AS)*, welcher das Zwischengeschoss mit dem Bahnsteigbereich verbindet. Östlich der Zugseilscheiben sind der Umlaufbogen und der *Bahnsteig der Seilbahn (P)* angeordnet. Der Bahnsteig ist mit 16,50 m Länge deutlich länger als die berechnete Mindestlänge, wodurch eine besonders bequeme Ein- und Ausstiegssituation geschaffen wird. Die Fahrtrichtung der Seilbahn ist im Uhrzeigersinn. Weiter östlich liegt in leicht erhöhter Lage der *Steuerungs- und*

Kontrollraum (CR), von dem der gesamte Bahnsteigbereich sowie der *Transfer- (AP) und Wartebereich (W)*, südlich des Bahnsteigs eingesehen werden können. Um eine Überlastung des Bahnsteigs während Verkehrsspitzen zu verhindern sind im Zugangsbereich Zugangsbarrieren angeordnet, welche eine Regelung des Passagierzustroms ermöglichen. Am südlichen Ende des Übergangsbereichs befinden sich die Zugänge zu den mittleren *Bahnsteigen 2 & 3* sowie *4 & 5* und die Fußgeherbrücken zu den äußeren *Bahnsteigen 1 & 6*. Auf beiden Seiten der Zugangskontrollen kann eine Trennung von Zu- und Abgang durch Bodenmarkierungen oder mittige Einbauten angedeutet werden, deren Lage im Plan dargestellt ist.

Die darüberliegende Tragkonstruktion aus *Träger (B1) und (B2)* ist strichliert dargestellt.

Der Abstand zwischen Zugseilscheiben und Umlaufbogen ist in der vorliegenden Planung um 5,90 m länger als in der Standardstation. Der längere Abstand führt zu einer längeren Stationszeit, weshalb die Berechnung der Fahrzeuganzahl aus Tabelle 8.1 wiederholt werden muss. Für die zweite Station wird weiterhin die Mindestumlaufzeit von 165 s angenommen. Die neu errechnete Fahrzeuganzahl beträgt 12 und ist somit um ein Fahrzeug größer als in der Vorbemessung. (Tabelle 8.4) Es kann daher weiterhin von einer Garagierung der Kabinen in der Station ausgegangen werden.

Systemkennzahlen	Berechnung	Wert
Leistungsfähigkeit [P/h/Richtung]	Laut Annahmen	3.000
Fahrzeugkapazität [P]	Laut Annahmen	35
Fahrgeschwindigkeit [m/s]	Laut Annahmen	7,50
Fahrzeugintervall [s]	$3.600 \text{ s} / (3.000 \text{ P/h/Richtung} / 35 \text{ P})$	42
Stationszeit Graz Don Bosco [s]	$165 \text{ s} + (2 \times 5,90 \text{ m}) / 0,50 \text{ m/s}$	189
Stationsanzahl	Laut Annahmen	2
Umlaufzeit [s]	$(2 * 450 \text{ m}) / 7,50 \text{ m/s} + 189 \text{ s} + 165 \text{ s}$	474
Fahrzeuganzahl (aufgerundet)	$474 \text{ s} / 42 \text{ s}$	12

Tabelle 8.4: Systemkennzahlen der Seilbahn (Eigene Darstellung, Quelle: Doppelmayr Berechnungstabelle)

Ansicht West

In der Westansicht des Verkehrsknotens ist die Vorderseite des Seilbahnstationsgebäudes dargestellt. Man sieht die Stationsein- und -ausfahrt mit der vorgezogenen Gebäudehülle und der *Sattelstütze (T)*. An der Südseite des massiven Gebäudeteils befindet sich in auskragender Lage der letzte Treppenlauf des *Personalzugangs (AS)* zum *Bahnsteig der Seilbahn (P)*. Der Blickwinkel ist diagonal zur Unterführung, in welcher der mittige sowie der westliche Brückenpfeiler und die *Stütze (C1)* der neuen Tragkonstruktion zu erkennen sind. Auch die Lage der anderen beiden Stützen (*C2*) und (*C3*) sowie die *Träger (B1)* und (*B2*) sind dargestellt. Weiters ist der Zugang zu den *Bahnsteigen 2 & 3* in der Unterführung und der Zugang zu *Bahnsteig 1* vor der Unterführung ersichtlich. Der Treppenaufgang zu *Bahnsteig 1* ist durch das verlängerte Bahnsteigdach geschützt. Am Ursprung des neuen Treppenaufgangs von *Bahnsteig 1* zur Seilbahnstation wird ein Stück Lärmschutzwand ersetzt, da das Bahnsteigende erweitert werden muss.

Die Ansicht zeigt auch die beiden mittleren Treppenaufgänge zur Seilbahnstation sowie zwei Aufzüge.

Der große Glasflächenanteil in der Gebäudehülle der Seilbahnstation ist schematisch dargestellt.

Schnitt 1-1

Die Schnittachse 1-1 führt durch das südliche Ende des Seilbahngebäudes und schneidet die Bahntrasse im Unterführungsbereich diagonal. Sie führt außerdem durch den *Bahnsteig der Seilbahn (P)* und den *Steuerungs- und Kontrollraum (CR)*. Im Stationsgebäude der Seilbahn sind im Erdgeschoss der *Seilbahnantrieb (D)* und der *Notantrieb (E)* zu erkennen. Im Zwischengeschoss werden der Raum für *Betrieb und Wartung (O&M)* sowie der *Personalzugang (AS)* geschnitten, der vom Stiegenhaus zum *Bahnsteig der Seilbahn (P)* führt. Am westlichen Stationsende ist in den beiden unteren Geschossen die Außenansicht des Tragseilschachts dargestellt. Darüber liegen im beidseitig auskragenden Seilbahngeschoss die Poller, um welche das Tragseil gewickelt ist (horizontal). In der Stationseinfahrt liegt das Fangnetz und die *Sattelstütze (T)*, welche oben und seitlich von der vorgezogenen Stationshülle umschlossen sind. Nach dem Punkt der Abkopplung wird das Zugseil nach oben umgelenkt und führt schließlich horizontal zu den hinteren Zugseilscheiben. Die Antriebswelle führt vom Erdgeschoss vertikal bis zur Antriebsscheibe. Östlich davon sind der Stationsumlauf sowie der Umkehrbogen dargestellt. Der Umkehrbogen hängt mit Hilfe einer sekundären Tragkonstruktion aus Stahl an dem darüber liegenden massiven *Träger (B1)*. An der Tragkonstruktion des Umkehrbogens ist auch der darunterliegende Stationsboden angehängt. Über dem Kontrollraum ist *Träger (B2)* dargestellt, welcher parallel zur Verkehrsinsel schräg über den Wartebereich führt. Der Transfer- und Wartebereich südlich von *Träger (B2)* hat eine Raumhöhe von 5,50 m. Die lichte Höhe in der Seilbahnstation nördlich von *Träger (B2)* liegt zwischen 9,80 und 14,30 m.

Die Höhe der Fahrleitung beträgt im Regelquerschnitt der ÖBB, welcher im Plan dargestellt ist, maximal 5,75 m über SOK. Im Knotenbereich ist anstatt einer herkömmlichen Fahrleitung der Einsatz von Stromschiene vorgesehen. Stromschiene ermöglichen besonders flexible und platzsparende Befestigungen.

Informations- und Wegleitsystem

Der Transfer- und Wartebereich und die Zugänge zur Seilbahn müssen deutlich und durchgängig beschildert sein. Die Wege zum Bahnsteig der Seilbahn sowie zu den Bahnsteigen der S-Bahn und zu den Stationsausgängen auf Straßenniveau müssen stets klar zu erkennen sein. Auf der Beschilderung müssen sowohl Aufzüge als auch Treppen ersichtlich sein. Großzügige Glasflächen in der Außenhülle sowie eine helle Beleuchtung bereiten eine angenehme und übersichtliche Atmosphäre. Im Seilbahnzugang befinden sich Drehkreuze, damit bei hoher Auslastung die Personenanzahl auf dem Bahnsteig reguliert werden kann. Diese können ohne Ticketkontrolle passiert werden um keine Umstiegshürde zwischen S-Bahn und Seilbahn zu schaffen. Sie werden nur geschlossen, wenn tatsächlich eine Überlastung des Bahnsteigs droht. Beim Seilbahnzugang sorgt eine angedeutete Richtungstrennung von Zu- und Abgang, etwa durch Bodenmarkierungen oder mittige Einbauten, für einen effizienteren Betrieb in Zeiten hoher Auslastung. So werden aussteigende Passagiere direkt von der ersten Hälfte des Bahnsteigs zu den östlichen Drehkreuzen geführt. Einsteigende Passagiere werden durch die westlichen Drehkreuze direkt zur zweiten Hälfte des Bahnsteigs geleitet. Im Transfer-

und Wartebereich werden Informationen zum ÖPNV-Netz sowie speziell zur Seilbahn angebracht. Im Transferbereich außerhalb der Zugangskontrollen geben Monitore Auskunft über die Anschlussverbindungen im S-Bahn- und Busnetz. Die Beschilderung in den bestehenden Stationszugängen sowie auf den Bahnsteigen muss mit dem Weg zur Seilbahn ergänzt werden. Für Passagiere die zur Seilbahn umsteigen, werden bereits in den Stationszugängen auf Straßenniveau sowie auf den Bahnsteigen Anzeigen angebracht, welche die aktuelle Wartezeit darstellen. Das bestehende Blindenleitsystem soll in gleich hoher Qualität durchgehend in allen neuen Gebäudeteilen erweitert werden.

Leistungsberechnung der Zugangswege

Für die Berechnung der Leistungsfähigkeit der Zugangswege werden die in Kapitel 5.1 vorgestellte Dimensionierung nach Verkehrsqualitätsstufen (LoS) angewandt. Die Werte der Fußgängerdichte werden Tabelle 5.3 entnommen. Anschließend kommen die Formeln für die Fußgängergeschwindigkeit (Tabelle 5.4) und die Leistungsfähigkeit (Tabelle 5.5) zur Anwendung. Die Berechnung wurde für den Zugangsbereich zur Seilbahn in Tabelle 8.5 durchgeführt. Die Zugangsbarrieren (ohne Ticketkontrolle) können auf jeder Spur 40 bis 60 Personen pro Minute passieren.¹⁴⁴ In sechs Spuren könnten daher theoretisch bis zu 21.600 Personen pro Stunde abgefertigt werden. In Tabelle 8.6 wurde die Leistungsfähigkeit der Fußgeherbrücken zu *Bahnsteig 1* und *Bahnsteig 6* berechnet. Dafür wurde die reduzierte Breite an der maßgebenden Engstelle der westlichen Brücke verwendet. Die maßgebende Treppe führt zu *Bahnsteig 2 & 3*, wo die Treppenbreite aus Platzgründen nur 1,80 m beträgt. Die Breite der anderen drei Treppenaufgänge beträgt 2,40 m. Die Leistungsfähigkeit der Treppen wurde in Tabelle 8.7 und Tabelle 8.8 berechnet.

Verkehrsqualitätsstufe (LoS)		A	B	C	D	E
Fußgängerdichte D	[P/m ²]	0,15	0,25	0,35	0,45	0,80
Geschwindigkeit v(D)	[m/s]	1,34	1,34	1,33	1,31	1,17
Nutzbare Fußwegbreite B _n	[m]	9,50	9,50	9,50	9,50	9,50
Leistungsfähigkeit 0 % Gegenverkehr	[P/h]	6.874	11.449	15.943	20.204	31.881
Leistungsfähigkeit 10 % Gegenverkehr	[P/h]	5.843	9.732	13.552	17.173	27.099
Leistung Zugangsbarrieren (6-spurig)	[P/h]					21.600

Tabelle 8.5: Berechnung der Leistungsfähigkeit des Zugangsbereichs (Eigene Darstellung)

Verkehrsqualitätsstufe (LoS)		A	B	C	D	E
Fußgängerdichte D	[P/m ²]	0,15	0,25	0,35	0,45	0,80
Geschwindigkeit v(D)	[m/s]	1,34	1,34	1,33	1,31	1,17
Nutzbare Fußwegbreite B _n	[m]	2,40	2,40	2,40	2,40	2,40
Leistungsfähigkeit 0 % Gegenverkehr	[P/h]	1.737	2.892	4.028	5.104	8.054
Leistungsfähigkeit 10 % Gegenverkehr	[P/h]	1.476	2.459	3.424	4.339	6.846

Tabelle 8.6: Berechnung der Leistungsfähigkeit an maßgebender Stelle der Fußgeherbrücken (Eigene Darstellung)

¹⁴⁴ Vgl. Weidmann et al., 2013, S. 181.

Verkehrsqualitätsstufe (LoS)		A	B	C	D	E
Fußgängerdichte D	[P/m ²]	0,60	0,75	0,90	1,15	2,15
Geschwindigkeit v(D)	[m/s]	0,61	0,60	0,59	0,56	0,39
Nutzbare Fußwegbreite Bn	[m]	1,30	1,30	1,30	1,30	1,30
Leistungsfähigkeit 0 % Gegenverkehr	[P/h]	1.713	2.111	2.487	3.026	3.973
Leistungsfähigkeit 10 % Gegenverkehr	[P/h]	1.456	1.795	2.114	2.572	3.377

Tabelle 8.7: Berechnung der Leistungsfähigkeit der Treppe mit b=1,80 m (Eigene Darstellung)

Verkehrsqualitätsstufe (LoS)		A	B	C	D	E
Fußgängerdichte D	[P/m ²]	0,60	0,75	0,90	1,15	2,15
Geschwindigkeit v(D)	[m/s]	0,61	0,60	0,59	0,56	0,39
Nutzbare Fußwegbreite Bn	[m]	1,90	1,90	1,90	1,90	1,90
Leistungsfähigkeit 0 % Gegenverkehr	[P/h]	2.503	3.086	3.636	4.423	5.806
Leistungsfähigkeit 10 % Gegenverkehr	[P/h]	2.128	2.623	3.090	3.759	4.935

Tabelle 8.8: Berechnung der Leistungsfähigkeit der Treppen mit b=2,40 m (Eigene Darstellung)

Die größte Leistung der Seilbahn beträgt 3.000 Personen pro Stunde und Richtung, das bedeutet, den Zugangsbereich müssen bei voller Auslastung 6.000 Personen pro Stunde passieren. In diesem Fall würde die Verkehrsqualitätsstufe LoS B eintreten. Die Berechnungen zeigen, dass aufgrund der Rahmenbedingung von vier Stiegenhäusern in keinem Betriebsfall eine Überlastung der Treppen zu erwarten ist. In der Regel werden die mittleren Treppen jedoch stärker frequentiert sein als die äußeren, da sie für den direkten Ein- oder Ausgang aus der Seilbahnstation die kürzesten Wege bieten. Im Evakuierungsfall können bei voller Ausnutzung der vier Treppen etwa 6 Personen pro Sekunde auf die Bahnsteige im Zwischengeschoss und von dort weiter hinunter zum Stationsausgang geführt werden. (Tabelle 8.9, Annahme: Summierte Leistungsfähigkeiten der Treppen bei LoS E ohne Gegenverkehr) Die Treppenbreite zwischen Straßen-, Bahn- und Seilbahnniveau ist bei allen vier Zugängen gleichbleibend. Zum Vergleich befinden sich bei voll besetzter Seilbahn maximal 2 Fahrzeuge mit je 35 Insassen am Weg Richtung Graz Don Bosco und weitere 4 Fahrzeuge in der Station, d.h. 210 Personen in der Seilbahn. Die Fläche von Bahnsteig und Wartebereich beträgt abzüglich eines Randstreifens von 0,50 m etwa 180 m². Bei einer Dichte von 1 P/m² (LoS C, vgl. Tabelle 5.3 und Tabelle 5.6) würden sich also insgesamt 390 Personen im Bereich nach den Zugangsbarrieren befinden. Tabelle 8.9 zeigt, dass sich daher mehr als 600 weitere Personen im Zugangsbereich der Seilbahn inklusive der Fußgeherbrücken und Treppen aufhalten dürften um eine Räumungszeit von 180 s zu gewährleisten. Diese Werte gelten freilich nicht bei gleichzeitiger Räumung der Bahnstation. In diesem Fall käme es zu Wechselwirkungen der Personenströme. Durch die versetzte Lage würde die Bahnstation jedoch bei einem Notfall wie z.B. Feuer in der Seilbahnstation nicht zwingend zum unmittelbaren Gefahrenbereich zählen. Bei Eintritt eines Notfalls auf einem Bahnsteig oder Zugangsweg können die verbleibenden drei Zugänge als Fluchtwege genutzt werden.

Zeitintervall	1 h	180 s	120 s	60 s	1 s
Personenzahl	21.390	1.069	713	356	6

Tabelle 8.9: Leistung der vier Treppen im Evakuierungsfall (Eigene Darstellung)

Im weiteren Planungsverlauf empfiehlt sich jedenfalls eine Simulation der Fußgängerströme. Sowohl der aktuelle wie auch ein verdichteter zukünftiger Fahrplan von S-Bahn und Bus sollten bei der Simulation miteinbezogen werden. Mit Hilfe der Simulation könnten verschiedene Szenarien und Kombinationen von Umsteigebeziehungen zwischen der Seilbahn, Zügen der S-Bahn und Bussen getestet werden. Auf Basis der Simulation kann ein Sicherheits- und Räumungskonzept für den Verkehrsknoten erstellt werden und, falls notwendig, eine Optimierung der geplanten Umsteigewege durchgeführt werden.

9. Schlussfolgerungen

Die Seilbahn als Verkehrsmittel im urbanen Raum ist bereits seit mehreren Jahren ein bedeutsames Thema für Hersteller, Verkehrsplaner sowie Verkehrsbetriebe. Besonders seit die Anzahl neuer Projekten stetig wächst, haben urbane Seilbahnen zunehmend an Aufmerksamkeit durch Medien, Forschung und Öffentlichkeit gewonnen. Heute befinden sich zahlreiche Anlagen im Betrieb und es kann auf eine Auswahl an facheinschlägiger Literatur zugegriffen werden. Viele dieser Anlagen konnten die zugrundeliegenden Verkehrsprobleme erfolgreich verbessern und darüber hinaus verschiedene positive Einflüsse für die umliegenden Stadtteile mit sich bringen. Im Vergleich zu anderen Verkehrsmitteln wie U- oder S-Bahn, Straßenbahn und Bus, sind die Erfahrungswerte jedoch noch gering. Die Recherche für die vorliegende Arbeit hat gezeigt, dass zum Teilgebiet Seilbahnstationen im ÖPNV kaum Fachliteratur vorhanden ist. Speziell aus diesem Grund stellen die Betrachtung bestehender Situationen und die Bearbeitung des Planungsprojekts wichtige Teile der Arbeit dar. Die Methodik wurde gewählt um Erkenntnisse zu erlangen, die anschließend in weitere Arbeitsschritte einfließen konnten. Die Seilbahntechnik wird bei Anlagen im ÖPNV großteils von touristischen Anlagen übernommen. Auch die heute in Europa gültigen Seilbahnnormen beziehen sich im Wesentlichen auf touristische Anlagen. Um eine vollwertige Akzeptanz der Seilbahn als Verkehrsmittel im ÖPNV zu erreichen muss bei der Gestaltung und Ausstattung der Stationen auf das umfangreiche Know-How anderer Verkehrsmittel zurückgegriffen werden.

9.1. *Beantwortung der Forschungsfragen*

Folgend wird zusammengefasst, wie die zu Beginn der Arbeit formulierten Forschungsfragen beantwortet werden konnten:

Was sind die generellen Anforderungen an einen Umsteigeknoten und welche zusätzlichen Anforderungen ergeben sich durch das System Seilbahn?

Generelle Anforderungen an Umsteigeknoten im ÖPNV sind die uneingeschränkte Zugänglichkeit für alle Fahrgäste, eine komfortable Ausstattung und eine ansprechende Gestaltung, eine gute Übersichtlichkeit und leichte Begreifbarkeit der Verbindungen sowie eine möglichst effiziente Funktionalität und ein höchstes Maß an physischer und sozialer Sicherheit.

In Kapitel 5 werden diese als auch die systemspezifischen Anforderungen von U- und S-Bahn, Straßenbahn und Bus und Seilbahnen im Detail erklärt. Zudem werden zahlreiche Maßnahmen und Dimensionierungsgrößen angeführt, welche dazu dienen, den Erfüllungsgrad der Anforderungen zu beeinflussen. Es ist hervorzuheben, dass es sich meist nicht um Anforderungen handelt, welche durch die Umsetzung bestimmter Maßnahmen als erfüllt oder nicht erfüllt bezeichnet werden können. Viel mehr gelten die Anforderungen als umso besser erfüllt, je mehr Maßnahmen kombiniert oder je großzügiger einzelne Maßnahmen umgesetzt werden. Die geltenden Normen und Richtlinien regeln ein Mindestmaß für Stationsausstattung und -kenngrößen, die es zu erreichen gilt.

Welchen Einfluss hat die Kombination eines kontinuierlich und eines nicht kontinuierlich fördernden Verkehrsmittels und wie kann diesem Rechnung getragen werden?

Aspekte aus der Kombination von kontinuierlich und nicht kontinuierlich fördernden Verkehrsmitteln wurden im Detail in Kapitel 5.6 erläutert. Besonders wurde dabei auf die Verknüpfung von U- oder S-Bahn mit Seilbahnen eingegangen. Während sich bei gleichbleibender Verkehrslast die Anzahl von Personen auf dem Bahnsteig von U- oder S-Bahn mit Ankunft und Abfahrt der Züge verändert, bleibt sie bei der Seilbahn in etwa gleich. Der Übergang zwischen kontinuierlichem und nicht kontinuierlichem Fußgängerstrom tritt genaugenommen beim Verlassen oder Betreten des Bahnsteigs der U- oder S-Bahnstation über Treppen und Fahrtreppen ein. Die Ankunft eines Zuges wird bis zum Stationsausgang zu einem länger andauernden, kontinuierlichen Ereignis verzerrt. Umgekehrt wird der Bahnsteig zwischen Abfahrt und Ankunft der Züge kontinuierlich von Fahrgästen betreten und dient als Pufferbereich. Zu- und Abgang der Seilbahnstation sollten an die Leistungsfähigkeit der Seilbahn angepasst sein. Im Fall des Zugangs kann dies kurz vor dem Einstieg durch aktive oder passive Regelungsmaßnahmen geschehen. Entsprechend den maximal erwarteten Verkehrslasten sind an Engstellen, wo sich die Leistungsfähigkeit verringert, großzügige Puffer- und Warteflächen vorzusehen.

Können allgemein gültige Regeln zur Beachtung dieser Anforderungen für Knoten in denen U-/S-Bahn und Seilbahn aufeinandertreffen erarbeitet werden?

In Kapitel 5.5 wurde zunächst zusammengefasst, welche der in den vorhergehenden Kapiteln vorgestellten Maßnahmen der einzelnen Verkehrsmittel für die Anwendung bei intermodalen Seilbahnknoten geeignet sind. Darüber hinaus wurden in Kapitel 6 verschiedene Empfehlungen für die Knotenplanung formuliert. Diese beruhen auf der Annahme, dass es keine Einschränkungen durch eine bestehende umliegende Bebauung gibt. Es sollte auf ansprechende Gestaltung und hochwertige Ausstattung der Stationen geachtet werden, damit Wartezeiten und Umsteigewege als kurz wahrgenommen werden. Die Wartezeit bei der Seilbahn sollte im Wartebereich und beim Übergang von den anderen Verkehrsmitteln angezeigt werden. Umgekehrt sollten Informationen über Anschlussverbindungen bereits in den Quellstationen der Seilbahn bekanntgegeben werden. Verkehrsknoten sollten wenig öffentlichen Raum verbrauchen und unauffällig in das Umfeld integriert werden. Je nach Lage ist die Anordnung von öffentlichen Flächen und Einrichtungen sinnvoll. Die Erreichbarkeit sollte für Fuß- und Radverkehr aus allen Richtungen möglichst einfach sein. U- oder S-Bahn und Seilbahn sollten von einem gemeinsamen Zugangsbereich zu erreichen sein. Generell empfiehlt sich die Anordnung der Seilbahnstation in Hochlage. Es wurden schließlich beispielhafte Darstellungen für die Erschließung von Knoten mit der U- oder S-Bahn in den Ebenen -1, 0 und +1 angefertigt. Außerdem wird eine Reihenfolge für die ersten Planungsschritte im Knotenentwurf empfohlen.

Wie verändern sich diese Anforderungen bei der Konzeption einer Station als Knoten mit einer bestehenden U-/S-Bahnstation im städtischen Raum?

Durch die nachträgliche Erweiterung eines bestehenden Verkehrsknotens liegen in der Regel immer veränderte Anforderungen vor. Dies liegt daran, dass einerseits durch die umliegenden städtischen Strukturen und andererseits durch die Lage, Größe, Bauart und Ausstattung der bestehenden Verkehrsstation, unveränderliche geometrische Vorgaben und Einschränkungen gegeben sind. Wenn ein Teil des Verkehrsknotens bereits besteht, können individuelle Lösungen und Kompromisse

erforderlich sein. Die reibungslose Umsetzung aller Empfehlungen und Anforderungen ist nicht immer möglich. Aus diesem Grund lassen sich kaum allgemeine Aussagen treffen, weshalb auch die Vorstellung der Beispiele aus Medellín, Caracas und London in Kapitel 7 sowie das in Kapitel 8 bearbeitete Planungsprojekt zur Beantwortung dieser Frage dienen. Das Ziel sollte es jedenfalls sein, die Anforderungen an den Umsteigeknoten zu einem höchst möglichen Ausmaß zu erfüllen um die bestmögliche Situation für Fahrgäste zu schaffen. Es darf nicht vergessen werden, dass jede für den Fahrgastkomfort gesetzte Maßnahme schließlich einer höheren Akzeptanz der Verknüpfung und der Seilbahn zugutekommt. Von Bedeutung ist auch, dass auf eine gestalterische Abstimmung mit dem Bestandsnetz geachtet wird und möglichst keine Umstiegshürden, wie etwa eine Ticketkontrolle zwischen den Stationen oder ein Aufpreis für die Seilbahnnutzung, geschaffen werden.

9.2. Weitere Fragestellungen

Neben den bereits in der Einleitung dieser Arbeit erläuterten Vorteilen, die Seilbahnen bei der Anwendung im ÖPNV aufweisen können, bestehen aber auch verschiedene systembedingte Einschränkungen. Diese sind zum Beispiel der Zwang zur geraden Spurführung zwischen den Stationen sowie die begrenzte Fahrgeschwindigkeit und die dadurch fehlende Eignung für Linien von mehr als 7 km Länge. Die verbesserte Kurvengängigkeit von Seilbahnsystemen, etwa durch die Verwendung von starren Spurabschnitten, würde einen flexibleren Einsatz ermöglichen und sollte daher ein vorrangiges Thema für Forschung und Entwicklung sein.

Bei der Betrachtung von Anlagen im Tourismus wird klar, dass Seilbahnen sehr flexible Systeme sind. Im touristischen Bereich werden ausgefallene Kundenanforderungen häufig durch technisch aufwendige Sonderlösungen erfüllt. Durch die zunehmende Anzahl an urbanen Seilbahnprojekten können auch, besonders bei der Integration von bestehenden Gebäuden und Verkehrsknoten, Sonderlösungen erforderlich werden.

Durch längere Stationsumläufe mit Verschwenkungen können Seilbahnstationen besonders flexibel angeordnet werden. Bei den bisher eingesetzten Seilbahnsystemen verlängert sich die Stationszeit bei erweiterten Stationsumläufen jedoch deutlich. Die Bearbeitung des Planungsprojekts hat die Frage aufgeworfen, wie die Stationszeit bei längeren Umläufen reduziert werden könnte. Im Speziellen stellt sich die Frage durch welche Maßnahmen die Fahrzeuge auf Geraden, etwa nach Stationseinfahrt oder vor Stationsausfahrt, mit erhöhter Geschwindigkeit befördert werden könnten. Moderne Seilbahnsysteme ermöglichen auch den Einsatz von Vertikalförderung. Die Fahrzeuge werden zum Ein- und Ausstieg auf ein anderes Niveau gebracht, wodurch Treppen und Aufzüge entfallen können. Auch die Fahrzeuggaragierung kann so über oder unter dem Bahnsteigniveau liegen. Vertikalförderung kommt bereits erfolgreich bei Anlagen im Tourismus zum Einsatz. Es stellt sich die Frage, ob und wenn ja, in welchen Situationen sich solche Systeme zur Anwendung bei Stationen im ÖPNV eignen.

Die im Zuge dieser Arbeit formulierten Gestaltungsempfehlungen für intermodale Verkehrsknoten mit Seilbahnsystemen beziehen sich auf bisher bekannte und typische Knotensituationen. Sie könnten detaillierter betrachtet und variiert werden und auch für andere Situationen wie zum Beispiel Seilbahnzwischenstationen thematisiert werden.

Während der Recherche für die vorliegende Diplomarbeit hat sich gezeigt, dass Regelwerke zur Gestaltung urbaner Seilbahnstationen und Umsteigeknoten fehlen. Angesichts der steigenden Anzahl an urbanen Seilbahnsystemen wächst auch das Know-How rund um die Gestaltung urbaner Seilbahnstationen. Die Herausgabe von Richtlinien unter Einbeziehung von Seilbahnherstellern und Anlagenbetreibern wäre daher ein wichtiger Schritt um ein Qualitätsniveau für urbane Anlagen vorzugeben.

Die Arbeit hat sich intensiv mit dem Thema intermodale Verkehrsknoten mit Seilbahnsystemen im ÖPNV auseinandergesetzt und kann mit den hervorgebrachten Erkenntnissen als Basis für weitere Forschungen in diesem besonders aktuellen Themenbereich hergenommen werden.

10. Literaturverzeichnis

- Ackerl, B. (2014). *Optimierung der Abstimmung von Fahrgeschwindigkeit und Trassierungsparametern im Wiener U-Bahn-Netz am Beispiel der Linie U3*. Diplomarbeit, Technische Universität Wien.
- alpinforum.com. (23.02.2013). *Caracas - Metrocable Mariche*. Beitrag in Forum, User: jack90. <http://www.alpinforum.com/forum/viewtopic.php?f=63&t=46491>, Stand: 29.08.2016.
- Arup Group Ltd. (2015). *Portland Aerial Tram*. http://www.arup.com/projects/portland_aerial_tram, Stand: 14.04.2016.
- Bergner, K. (2016). *Von schaffnerlos zu fahrerlos*. Vortrag am 14. Wiener Eisenbahnkolloquium (11. März 2016). Technische Universität Wien.
- C.A. METRO DE CARACAS. (2015). http://www.metrodecaracas.com.ve/obrasyproy/fichatec_mcablemar.html und http://www.metrodecaracas.com.ve/mapa_rutas/mapa_met_mbus.html, Stand: 07.01.2016.
- C.A. METRO DE CARACAS. (2016). https://www.metrodecaracas.com.ve/?page_id=6603, Stand: 29.08.2016.
- CDM – Executive Board. (07.06.2012). *MONITORING REPORT FORM: Cable Cars Metro Medellín, Colombia. (Version 1.0)*. <https://cdm.unfccc.int/filestorage/W/8/U/W8UK93EAMTD6VYGIZ4PN5X2QSB RF7O/MR%201.0%20Jun8-12?t=Rk58bzJ5NjVwfDA1WiwVlvA1QYUS1GEX0NSb>, Stand: 22.02.2016.
- CDM – Executive Board. (22.12.2006). *PROJECT DESIGN DOCUMENT FORM: Cable Cars Metro Medellín, Colombia. (Version 1.4)*. <https://cdm.unfccc.int/filestorage/I/I/EHCWSOV5IAJDFY2ZU19R6GP0K87BQM.pdf/PDD%201.4%20clean%20mode.pdf?t=OW58bzJ5NnY4fDB9hIb4VQTfiNjXxo9fLnmM>, Stand: 22.02.2016.
- ColombiaInfo.org. (2015). *Metro de Medellín*. <http://www.colombiainfo.org/nl-nl/steden/medellin/metrodemedellin.aspx>, Stand: 06.01.2016.
- Dale, S. (2015a). *EMIRATES AIR LINE: SUCCESS OR FAILURE? IT DEPENDS*. The Gondola Project. <http://gondolaproject.com/2015/01/07/emirates-air-line-success-or-failure/>, Stand: 10.01.2016.
- Dale, S. (2015b). *LA PAZ ANNOUNCES 6 NEW CABLE CAR TRANSIT LINES, LEAVES DEVELOPED WORLD IN THE PAST*. The Gondola Project. <http://gondolaproject.com/2015/01/28/la-paz-announces-6-new-cable-car-transit-lines-leaves-developed-world-in-the-past/>, Stand: 10.01.2016.

- Dale, S. (2010a). *Photo Essay Medellin/Caracas, Part 1-7*. The Gondola Project.
<http://gondolaproject.com/2015/10/05/medellincaracas-part-1/>,
<http://gondolaproject.com/2010/03/12/medellincaracas-part-2/>,
<http://gondolaproject.com/2010/03/14/medellincaracas-part-3/>,
<http://gondolaproject.com/2010/03/15/medellincaracas-part-4/>,
<http://gondolaproject.com/2010/03/22/medellincaracas-part-5/>,
<http://gondolaproject.com/2010/03/23/medellincaracas-part-6/>,
<http://gondolaproject.com/2010/03/25/medellincaracas-part-7/>,
Stand: 02.01.2016.
- Dale, S., Chu, N. & Imhäuser, T. (2013). *Cable Car Confidential: The Essential Guide to Cable Cars, Urban Gondolas & Cable Propelled Transit*. Toronto: Creative urban Projects Inc.
- David, R. (2016). *Erfahrungen mit automatisch fahrenden U-Bahnen – auch ein Thema für Wien?* Vortrag am 14. Wiener Eisenbahnkolloquium (10.03.2016). Technische Universität Wien.
- Dávila, J. D. & Daste, D. (2012). *Medellín's aerial cable-cars: social inclusion and reduced emissions*. Development Planning Unit, University College London.
<https://www.bartlett.ucl.ac.uk/dpu/metrocables/dissemination/Davila-Daste-2012-UNEP.pdf>, Stand: 07.01.2016.
- Doppelmayr Seilbahnen GmbH. (2015). *Urbane Referenzen*.
<http://newsroom.doppelmayr.com/download/file/4389/>, Stand: 22.12.2015.
- Doppelmayr Seilbahnen GmbH. (2016a). *3S Bahnen; Funitel; Gruppenbahnen; Urban*. <http://www.doppelmayr.com/produkte/3s-bahnen/>,
<https://www.doppelmayr.com/produkte/funitel/>
<https://www.doppelmayr.com/produkte/gruppenbahnen/>
<https://www.doppelmayr.com/anwendungen/urban/>, Stand: 24.02.2016.
- Doppelmayr Seilbahnen GmbH. (2016b). *28-TGD Peak 2 Peak*;
<https://www.doppelmayr.com/produkte/referenzen/28-tgd-peak-2-peak/>,
Stand: 15.06.2016.
- Fiedler, J. (2015). *Fachgespräch über Seilbahnstationen im urbanen Raum*. Im Interview mit dem Autor (11.11.2015). Doppelmayr Cable Car, Wolfurt.
- Fiedler, J. (2016a). *Die Seilbahnen von La Paz – mehr als eine Verkehrslösung*. In: Bauwelt, (11/2016), S. 6-7. Berlin: Bauverlag BV GmbH.
- Fiedler, J. (2016b). *Die Seilbahn als urbanes Verkehrsmittel*. Vortrag am 14. Wiener Eisenbahnkolloquium (10.03.2016). Technische Universität Wien.
- Fiedler, J. (2016c). *Fachgespräch über die Akzeptanz von urbanen Seilbahnen und den Standort Graz Don-Bosco*. Im Interview mit dem Autor (25.04.2016). Doppelmayr Cable Car, Wolfurt.
- Fiedler, J. (2016d). *Fachgespräch zur Bearbeitung des Planungsprojekts Graz Don Bosco*. Im Interview mit dem Autor (29.07.2016). Doppelmayr Cable Car, Wolfurt.

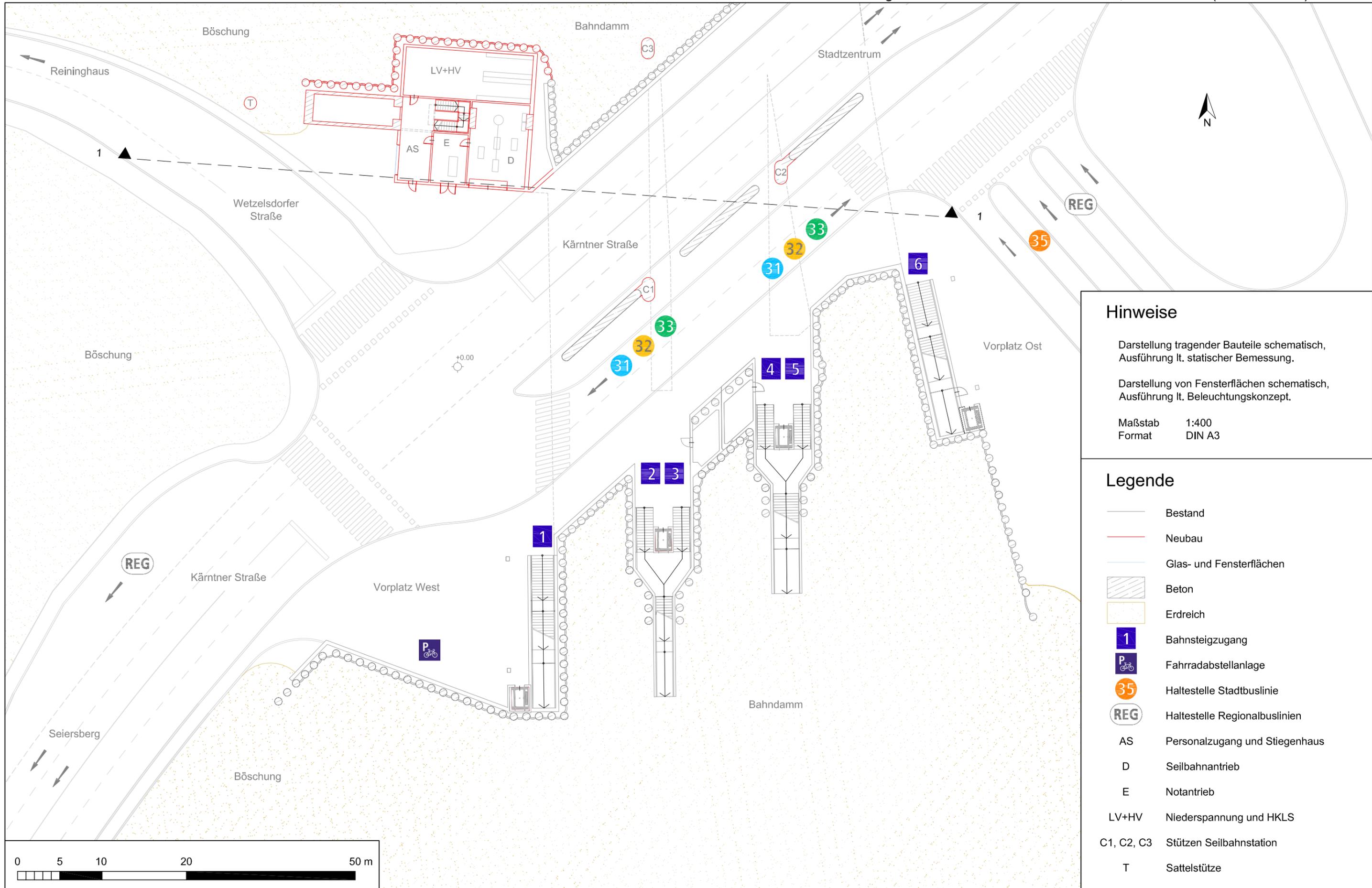
- Forschungsgesellschaft Mobilität – FGM. (2009). *Leitfaden für barrierefreien Öffentlichen Verkehr: Anforderungen an barrierefreie Eisenbahnhaltepunkte*. https://www.bmvit.gv.at/verkehr/gesamtverkehr/barrierefreiheit/downloads/leitfaden_eisenbahnhaltepunkte.pdf, Stand: 27.01.2016.
- F&S Consulting, C.A., Zeitoune. (2016). *Informationen und Fotos zu den Stationen von Metro und Metrocable in Caracas*. Beantwortung von Fragen des Autors per Email (06.06.-29.07.2016).
- geoland.at. (2016). *Basemap Overlay*, http://www.geoland.at/geo_webgis/, Stand: 24.03.2016.
- Germany Trade & Invest. (05.01.2015). *Algerien investiert in die Infrastruktur des Landes*. <http://www.gtai.de/GTAI/Navigation/DE/Trade/Maerkte/suche,t=in-die-infrastruktur-des-landes,did=1145950.html>, Stand: 22.12.2015.
- Google Maps. (2016). <https://www.google.at/maps>. Stand: Juni-Oktober 2016.
- Heinrichs, D., Bernet, J. (2014). *Public Transport and Accessibility in Informal Settlements: Aerial Cable Cars in Medellín, Columbia*. Transport Research Procedia 4 (2014). S. 55-67.
- Ingenieurgesellschaft für Verkehrs- und Eisenbahnwesen mbH. (2015). *Überprüfung der Planungen für die Seetorquerung im Bf Radolfzell auf Grundlage der Ril 813*. http://www.radolfzell.de/bausteine.net/f/11891/zum_IVE.pdf?fd=2, Stand: 24.03.2016.
- Istanbul Ulasim San. ve Tic. A.S. (2012). *Macka-Taskisla Aerial Cable Car Line*. <http://www.istanbul-ulasim.com.tr/our-network/mackataskisla-aerial-cable-car.aspx>, Stand: 30.12.2015.
- Kehrer, J. (2013). *Entscheidungskriterien für die Systemwahl im öffentlichen Personennahverkehr*. Diplomarbeit, Technische Universität Wien.
- Kummer, S. (21.03.2016). *Vergleich der Wirtschaftlichkeit alternativer Verkehrsmittel im ÖPNV – Untersuchung von Straßenbahn, Bus und urbaner Seilbahn*. Institut für Transportwirtschaft und Logistik, Wirtschaftsuniversität Wien.
- Lener, G. (2016). *Studienblätter zur Vorlesung/Übung SEILBAHNBAU*. Arbeitsbereich Stahlbau und Mischbautechnologie, Universität Innsbruck.
- Metro de Medellín Ltda. (2016a). <https://www.metrodemedellin.gov.co/Proyectos/ectosenejecuci%C3%B3n.aspx>, Stand: 06.01.2016.
- Metro de Medellín Ltda., Russi. (2016b). *Informationen und Fotos zu den Stationen von Metro und Metrocable in Medellín*. Beantwortung von Fragen des Autors per Email (20.06.-25.07.2016).
- Mi Teleférico. (2015). http://www.miteleferico.bo/teleferico/pdf/separata_10.pdf, Stand: 10.01.2016.
- Monheim, H., Muschwitz, C., Auer, W., Philippi, M. (2010). *Urbane Seilbahnen: Moderne Seilbahnsysteme eröffnen neue Wege für die Mobilität in unseren Städten*. Köln: KSV.

- Ngong Ping 360 Cable Car. (21.09.2015). *Maintenance has been completed ahead of schedule. Welcome back!* Beitrag auf facebook.
<https://www.facebook.com/photos/a.413226196427.194595.159538216427/10153021251841428/?type=3&theater>, Stand: 13.04.2016.
- ÖBB-Infrastruktur AG, Steiner. (2015). *Luftaufnahme des Nahverkehrsknoten Graz Don Bosco*. Übermittelt per Email (30.06.2016).
- ÖBB-Infrastruktur AG, Löffler. (2016). *Information über das Betriebskonzept des Nahverkehrsknoten Graz Don Bosco*. Beantwortung von Fragen des Autors per Email (07.07.2016).
- ÖNORM EN 12929-1:2004. (2005). *Sicherheitsanforderungen für Seilbahnen für den Personenverkehr – Allgemeine Bestimmungen – Teil 1: Anforderungen für alle Anlagen*. Wien: Österreichisches Normungsinstitut.
- Ostermann, N. (24.02.2016). *Seilbahnen im urbanen Raum – die Betreibersicht*. Institut für Verkehrswissenschaften, Technische Universität Wien.
- People's Daily. (15.03.2011). *China's first urban passenger cable car officially retires*.
<http://en.people.cn/90001/90782/90872/7304579.html>, Stand: 22.12.2015.
- POMAGALSKI. (2007). *POMALINK 02 – Informationsschrift des Unternehmens POMAGALSKI*. <http://prod.poma.net/media/pomalink/de/PomaLink02.pdf>, Stand: 21.12.2015.
- railway-technology.com. (2016). *Docklands Light Railway Capacity Upgrading*.
<http://www.railway-technology.com/projects/docklands/>, Stand: 29.08.2016.
- Reininghausboard. (2016). *Reininghaus findet Stadt*.
<http://www.reininghaus-findet-stadt.at/reininghaus/das-projekt/>
<http://www.reininghaus-findet-stadt.at/ansatz/nachhaltigkeit/>
<http://www.reininghaus-findet-stadt.at/infrastruktur/mobilitaet/>
<http://www.reininghaus-findet-stadt.at/infrastruktur/oeffentlicher-verkehr/>,
Stand: 17.03.2016.
- Reutter, U. (29.02.2016). *Urbane Seilbahnen – Anforderungen aus Nutzer-Perspektive*. Lehr- und Forschungsgebiet Öffentliche Verkehrssysteme und Mobilitätsmanagement, Bergische Universität Wuppertal.
- Roosevelt Island Operating Corporation. (2010). *Roosevelt Island, Manhattan's Other Island, A Brief History*. <http://rioc.ny.gov/history.htm>, Stand: 21.12.2015.
- Rollinger, W. (2014). *ÖFFENTLICHER PERSONENNAHVERKEHR - ÖPNV: Handbuch zur Vorlesung aus ÖPNV*. Institut für Verkehrswissenschaften, Technische Universität Wien.
- Rudolph, K. A. (2009). *Anwendungsfälle und Lösungsansätze zur Realisierung urbaner Luftseilbahnprojekte im ÖPNV*. Schriftenreihe des Instituts für Transportwirtschaft und Logistik - Verkehr (08/2009), Wirtschafts Universität Wien.
- Schedereit, V. (2015). *Begünstigende Faktoren Für Urbane Luftseilbahnen - Konzept Einer GIS-unterstützten Standortanalyse*. Diplomarbeit, Technische Universität Wien.

- Schmoll, H. (2000a). *Weltseilbahngeschichte. 1. Bis 1945*. Eugendorf: Steidl Verl.
- Schmoll, H. (2000b). *Weltseilbahngeschichte. 2. 1945 - 2000*. Eugendorf: Steidl Verl.
- Sedivy, P. (2015). *VO Seilbahnbau*. Vorlesungsunterlagen. Institut für Verkehrswissenschaften, Technische Universität Wien.
- Seeber, A. (2010). *The Renaissance of the Cableway*. St. Pauls (BZ): Prokopp & Hechensteiner L.P.
- SkyscraperCity.com. (24.07.2013). *CARACAS | Public Transport, Page 7*, Beitrag in Forum, User: queclasetipo123. <http://www.skyscrapercity.com/showthread.php?t=525535&page=7>, Stand: 29.08.2016.
- SkyscraperCity.com. (02.12.2015a). *CARACAS | Metro | Metrô, Page 45*, Beitrag in Forum, User: rushinblue. <http://www.skyscrapercity.com/showthread.php?t=375134&page=45>, Stand: 29.08.2016.
- SkyscraperCity.com. (20.11.2015b). *Teleféricos | Caracas | Metrocable Mariche - Palo Verde, Page 42*, Beitrag in Forum, User: zona_rental_20. <http://www.skyscrapercity.com/showthread.php?t=1012465&page=42>, Stand: 29.08.2016.
- SPIEGEL ONLINE. (22.07.2015). *1400 Kabinen: Bolivien bekommt Rekord-Seilbahn*. <http://www.spiegel.de/wirtschaft/bolivien-la-paz-bekommt-rekord-seilbahn-a-1044761.html>, Stand: 10.01.2016.
- Steierwald, G., Künne H.D. & Vogt, W. (2005). *Stadtverkehrsplanung: Grundlagen, Methoden, Ziele*. Berlin: Springer-Verlag.
- Steirische Verkehrsverbund GmbH (2016). *Der neue Nahverkehrsknoten Don Bosco in Graz*. http://www.verbundlinie.at/service/502010/donbosco_neu.php, Stand: 16.03.2016.
- Süddeutsche.de. (09.10.2013). *Seilbahn-Stadt in Georgien: Abenteuerlicher Alltag*. <http://www.sueddeutsche.de/wirtschaft/seilbahn-stadt-in-georgien-abenteuerlicher-alltag-1.1789500>, <http://www.sueddeutsche.de/wirtschaft/seilbahn-stadt-in-georgien-abenteuerlicher-alltag-1.1789500-5>, <http://www.sueddeutsche.de/wirtschaft/seilbahn-stadt-in-georgien-abenteuerlicher-alltag-1.1789500-9>, Stand: 09.02.2015.
- Transport for London (2016). <http://content.tfl.gov.uk/standard-tube-map.pdf>, Stand: 07.01.2016.
- Tobias, K. (25.02.2016). *Mögliche Umweltauswirkungen urbaner Seilbahnen*. Fakultät Raum- & Umweltplanung, Technische Universität Kaiserslautern.
- Wagner, S. (2012). *Einsatzmöglichkeiten von Seilbahnen als ÖPNV-System im urbanen Raum*. Diplomarbeit, Technische Universität Wien.
- Weidmann, U., Kirsch, U., Puffe, E., Jacobs, D., Pestalozzi, C. & Conrad, V. (2013). *Verkehrsqualität und Leistungsfähigkeit von Anlagen des leichten Zweirad- und des Fussgängerverkehrs*. Bern. Eidgenössisches Departement für Umwelt, Verkehr, Energie und Kommunikation UVEK, Bundesamt für Strassen.

Wikipedia. (29.02.2008). *Estación San Javier del Metro de Medellín, Colombia*.
[https://en.wikipedia.org/wiki/San_Javier_station#/media/File:Metro de Medellin-Estaci%C3%B3n San Javier\(2\).JPG](https://en.wikipedia.org/wiki/San_Javier_station#/media/File:Metro_de_Medellin-Estaci%C3%B3n_San_Javier(2).JPG), Stand: 29.08.2016.

YVKE Mundial. (2016). *La Dolorita tendrá Metrocable en noviembre*.
<http://www.radiomundial.com.ve/article/la-dolorita-tendr%C3%A1-metrocable-en-noviembre>, Stand: 29.08.2016.



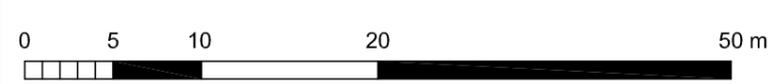
Hinweise

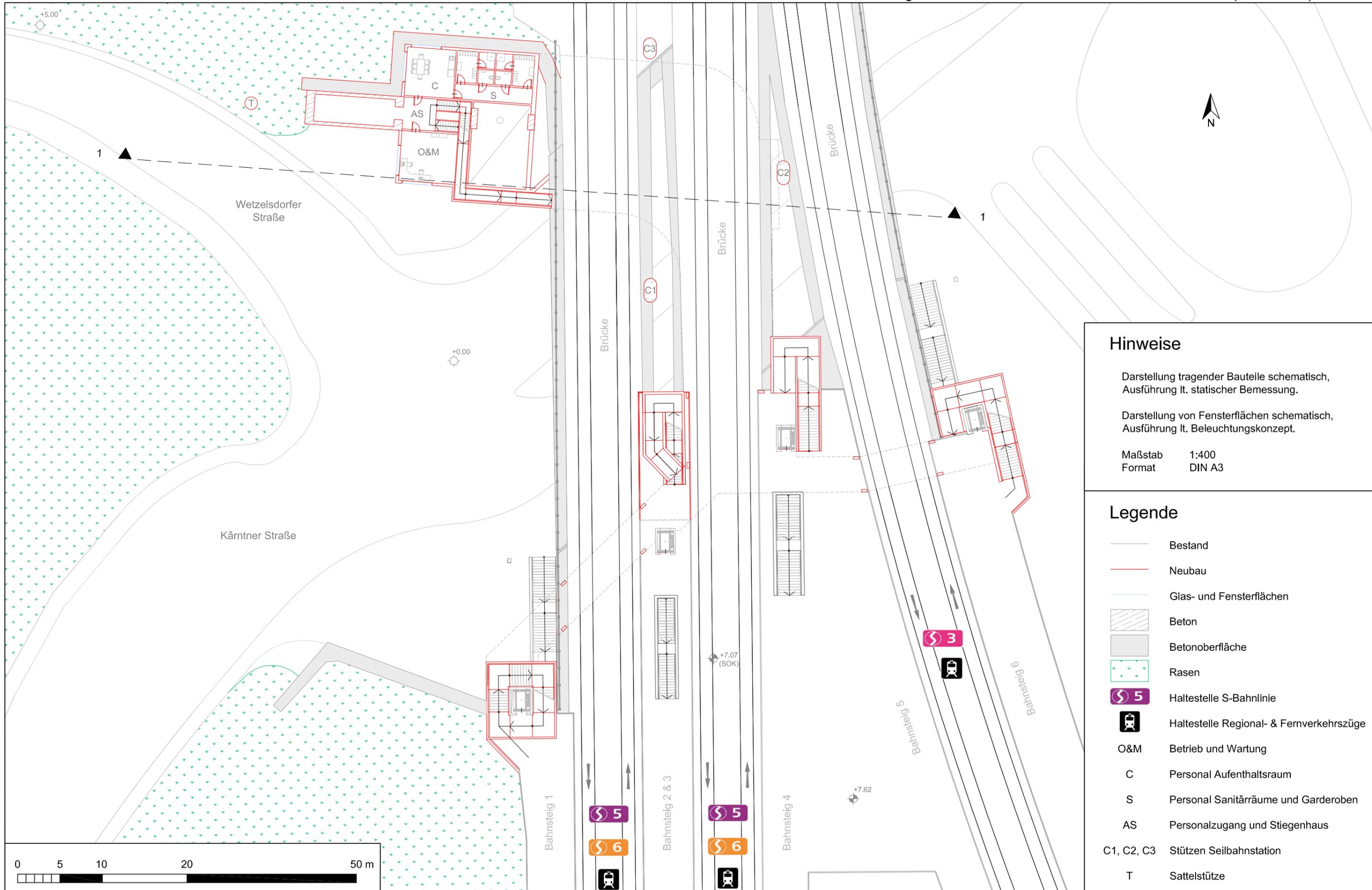
Darstellung tragender Bauteile schematisch, Ausführung lt. statischer Bemessung.

Darstellung von Fensterflächen schematisch, Ausführung lt. Beleuchtungskonzept.

Maßstab 1:400
Format DIN A3

- Legende**
- Bestand
 - Neubau
 - Glas- und Fensterflächen
 - ▨ Beton
 - Erdreich
 - 1 Bahnsteigzugang
 - P Fahrradabstellanlage
 - 35 Haltestelle Stadtbuslinie
 - REG Haltestelle Regionalbuslinien
 - AS Personalzugang und Stiegenhaus
 - D Seilbahnantrieb
 - E Notantrieb
 - LV+HV Niederspannung und HKLS
 - C1, C2, C3 Stützen Seilbahnstation
 - T Sattelstütze





Hinweise

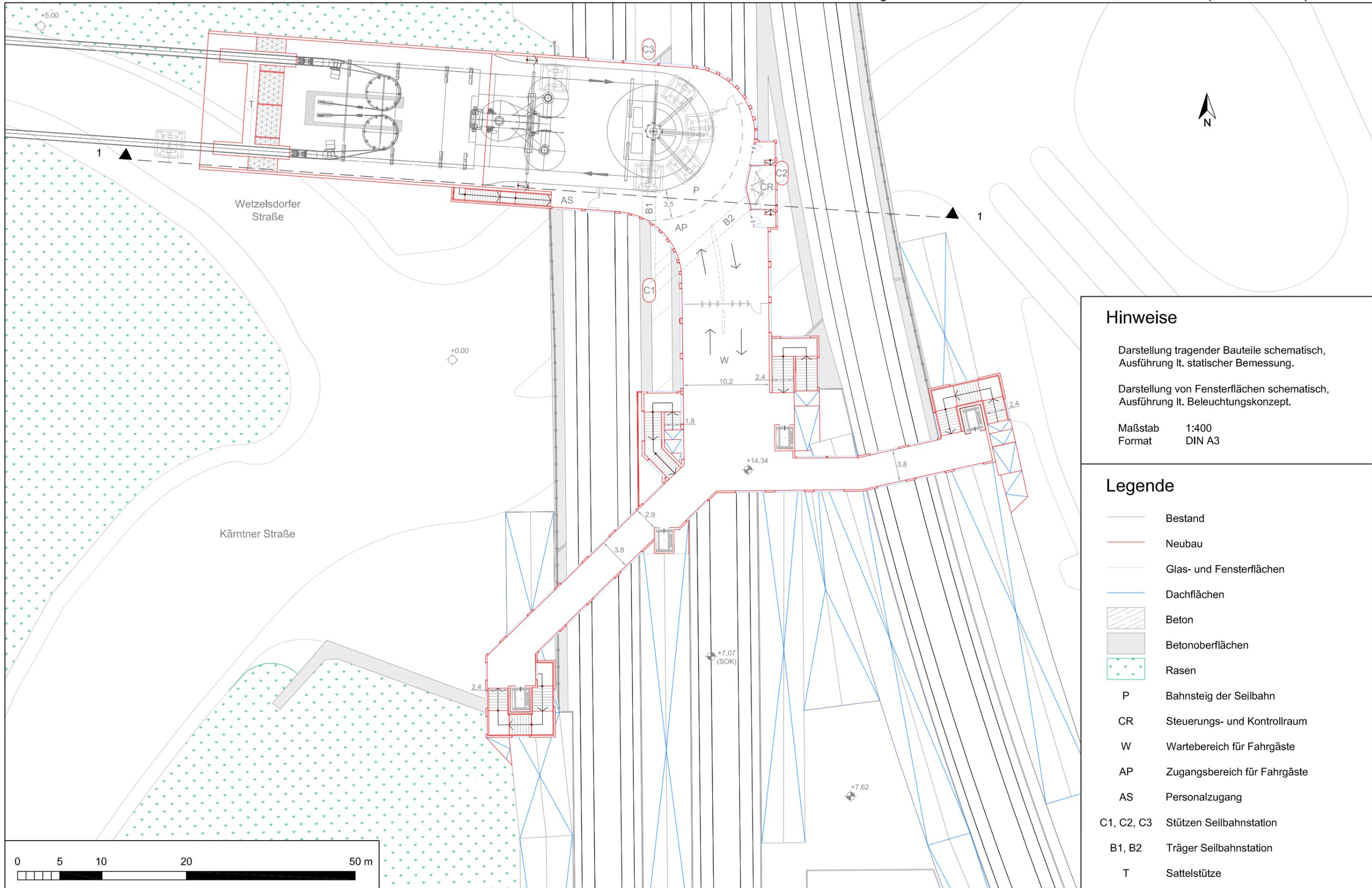
Darstellung tragender Bauteile schematisch, Ausführung lt. statischer Bemessung.

Darstellung von Fensterflächen schematisch, Ausführung lt. Beleuchtungskonzept.

Maßstab 1:400
Format DIN A3

Legende

-  Bestand
-  Neubau
-  Glas- und Fensterflächen
-  Beton
-  Betonoberfläche
-  Rasen
-  Haltestelle S-Bahnlinie
-  Haltestelle Regional- & Fernverkehrszüge
-  O&M Betrieb und Wartung
-  C Personal Aufenthaltsraum
-  S Personal Sanitärräume und Garderoben
-  AS Personalzugang und Stiegenhaus
-  C1, C2, C3 Stützen Seilbahnstation
-  T Sattelstütze



Hinweise

Darstellung tragender Bauteile schematisch, Ausführung lt. statischer Bemessung.

Darstellung von Fensterflächen schematisch, Ausführung lt. Beleuchtungskonzept.

Maßstab 1:400
Format DIN A3

Legende

- Bestand
- Neubau
- Glas- und Fensterflächen
- Dachflächen
- Beton
- Betonoberflächen
- Rasen
- P** Bahnsteig der Seilbahn
- CR** Steuerungs- und Kontrollraum
- W** Wartebereich für Fahrgäste
- AP** Zugangsbereich für Fahrgäste
- AS** Personalzugang
- C1, C2, C3** Stützen Seilbahnstation
- B1, B2** Träger Seilbahnstation
- T** Sattelstütze



Hinweise

Darstellung tragender Bauteile schematisch, Ausführung lt. statischer Bemessung.

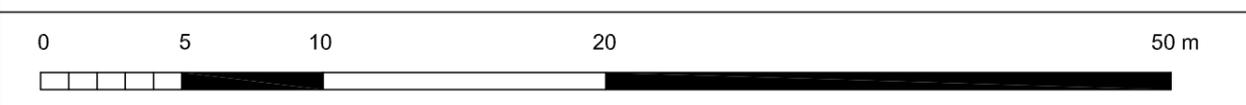
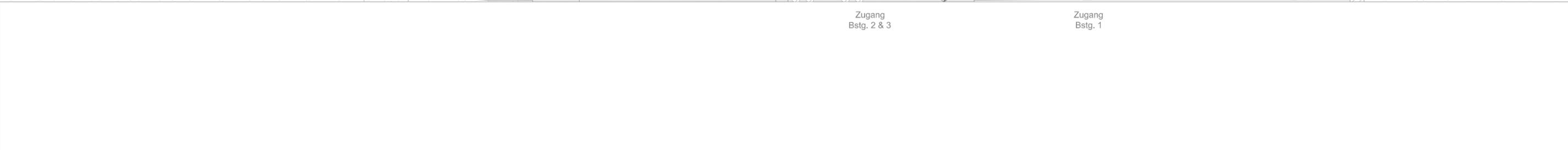
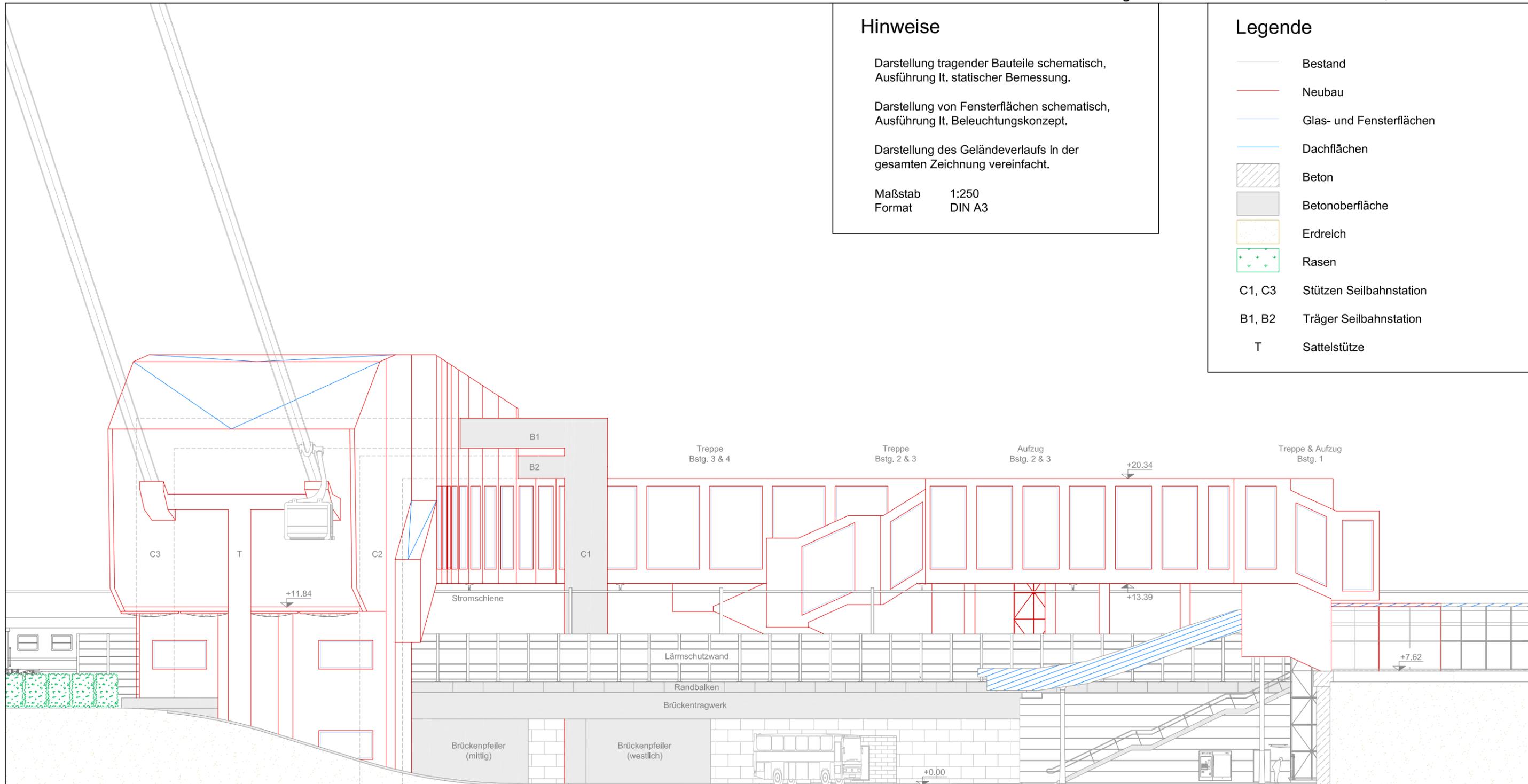
Darstellung von Fensterflächen schematisch, Ausführung lt. Beleuchtungskonzept.

Darstellung des Geländeverlaufs in der gesamten Zeichnung vereinfacht.

Maßstab 1:250
Format DIN A3

Legende

- Bestand
- Neubau
- Glas- und Fensterflächen
- Dachflächen
- Beton
- Betonoberfläche
- Erdreich
- Rasen
- C1, C3** Stützen Seilbahnstation
- B1, B2** Träger Seilbahnstation
- T** Sattelstütze



Hinweise

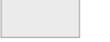
Darstellung tragender Bauteile schematisch, Ausführung lt. statischer Bemessung.

Darstellung von Fensterflächen schematisch, Ausführung lt. Beleuchtungskonzept.

Darstellung des Geländeverlaufs in der gesamten Zeichnung vereinfacht.

Maßstab 1:250
Format DIN A3

Legende

- | | | | |
|---|--------------------------|--------|--------------------------------|
|  | Bestand | AS | Personalzugang und Stiegenhaus |
|  | Neubau | E | Notantrieb |
|  | Glas- und Fensterflächen | D | Seilbahnantrieb |
|  | Beton | CR | Steuerungs- und Kontrollraum |
|  | Betonoberfläche | P | Bahnsteig der Seilbahn |
|  | Erdreich | C2, C3 | Stützen Seilbahnstation |
|  | Rasen | B1, B2 | Träger Seilbahnstation |
|  | O&M | T | Sattelstütze |

