

DIPLOMARBEIT

Begünstigende Faktoren für urbane Luftseilbahnen: Konzept einer GIS-unterstützten Standortanalyse

ausgeführt zum Zwecke der Erlangung des akademischen Grades

eines Diplom-Ingenieurs

unter der Leitung von

Univ. Prof. Dipl.-Ing. Dr.-Ing. Martin Berger

E280/5

Fachbereich für Verkehrssystemplanung

eingereicht an der Technischen Universität Wien

Fakultät für Architektur und Raumplanung

von

Valentin Schedereit

0925509

Wien, am 6. Oktober 2015

In Zusammenarbeit mit *Doppelmayr Cable Car*

Abstract

Luftseilbahnen verkehren nicht mehr ausschließlich im alpinen Gelände, sondern vermehrt auch als öffentliche Verkehrsmittel in der Stadt. Da es weltweit in immer mehr Städten Projektvorschläge für Luftseilbahnen, insbesondere Umlaufbahnen, gibt, stellt sich die Frage: Wo ist ihr Einsatz sinnvoll?

Um diese Frage zu beantworten, werden in der vorliegenden Diplomarbeit anhand von Fallbeispielen begünstigende Faktoren für urbane Luftseilbahnen ermittelt: Dies sind zum einen strukturelle Standortfaktoren wie schwierige topographische Verhältnisse, dichte Siedlungsstrukturen und ein lückenhaftes bzw. überlastetes Verkehrssystem; zum anderen aber auch politische und ökonomische Rahmenbedingungen wie eine ÖV-freundliche Verkehrspolitik, eine gute städtische Wirtschaftslage sowie der Tourismus.

Aufbauend auf diesen Erkenntnissen wird in der vorliegenden Arbeit ein Analysekonzept entworfen, mit dem potenzielle Standorte unter Verwendung von Geographischen Informationssystemen (GIS) auf ihre Eignung für Luftseilbahnen hin untersucht werden können. Das Konzept beinhaltet ein standardisiertes und schrittweises Verfahren, das von der Ersteinschätzung über eine grobe Angebots- und Nachfrageanalyse bis hin zur technischen und ökonomischen Machbarkeitsanalyse reicht. Da GIS-Analysen nicht alle Aspekte behandeln können und benötigte Geodaten manchmal nur eingeschränkt verfügbar sind, fließen auch nicht-GIS-Untersuchungsmethoden in das vorgestellte Analysekonzept ein.

Cable cars (also referred to as aerial ropeways), generally known as a transport system for alpine environments, lately have also become an urban public means of transport. Cities all over the world are considering cable cars as a solution to their traffic problems. But where do they make sense?

To answer this question, the present master's thesis determines favourable factors for urban cable cars by analysing existing systems: On the one hand, there are structural factors like a challenging topography, dense settlement structures or an overloaded and incomplete transport network; on the other hand, there are political and economical circumstances like transport policies favouring public transport, a strong local economy and tourism that may help opting for a cable car system.

On the basis of those findings, this thesis presents an analysis concept which helps to examine potential sites with respect to their suitability for cable cars, using geographic information systems (GIS). The concept is a standardised and step-by-step procedure that consists of an initial assessment, a basic supply and demand analysis and a technical and economical feasibility evaluation. However, as not all analyses can be carried out by GIS and required geodata is not always available, the site analysis concept also includes non-GIS-methods.

Danksagung

Ein besonderer Dank gilt an dieser Stelle Prof. Martin Berger für die zielführende wissenschaftliche Betreuung dieser Arbeit sowie Marc Funda von der Firma *Doppelmayr Cable Car*, der mir von Anfang an intensiv mit Rat und Tat zur Seite stand. Zudem möchte ich mich bei *Doppelmayr Cable Car* für die Ermöglichung des Lokalaugenscheins in London bedanken. Ein Dank geht auch an all meine Interviewpartner.

Inhaltsverzeichnis

1	Einleitung.....	6
2	Charakteristika von urbanen Luftseilbahnen.....	8
2.1	Eigenschaften von Umlaufbahnen im Überblick	8
2.2	Funktionsweise und Bauarten von Umlaufbahnen	10
2.3	Einsatzbereiche.....	13
3	Fallbeispiele.....	14
3.1	<i>Emirates Air Line</i> , London	14
3.1.1	Projektbeschreibung.....	14
3.1.2	Begünstigende Faktoren	18
3.2	Seilbahnnetz <i>Mi Teleférico</i> , La Paz.....	21
3.2.1	Projektbeschreibung.....	21
3.2.2	Begünstigende Faktoren	25
3.3	Weitere Beispiele (Übersicht).....	27
4	Begünstigende Faktoren für den Einsatz von urbanen Luftseilbahnen.....	30
4.1	Begünstigende strukturelle Standortfaktoren	31
4.2	Begünstigende politische und ökonomische Rahmenbedingungen	32
4.3	Zusätzliche indirekte Einflussgrößen.....	32
5	GIS als Hilfsmittel in der Verkehrs- bzw. Seilbahnplanung	33
5.1	Grundlegendes zu Geographischen Informationssystemen.....	33
5.1.1	Funktionsprinzip	33
5.1.2	GIS-Analysetools: Beispiele aus <i>ArcMap</i>	35
5.2	Verwendung von GIS in der Verkehrsplanung.....	37
5.3	Standortanalyse mit GIS	39
6	Konzept einer GIS-unterstützten Standortanalyse für urbane Seilbahnen	41
6.1	Voranalyse.....	44
6.1.1	Großmaßstäbliche Standortsuche mit GIS.....	44
6.1.2	Checkliste der begünstigenden Faktoren.....	46
6.2	Grobanalyse von Angebot und Nachfrage	48
6.2.1	Grobe Analyse des bestehenden ÖPNV-Angebots mit GIS	51
6.2.1.1	Ermittlung der nicht erschlossenen (Wohn-)Gebäude.....	51
6.2.1.2	Berechnung der Personenanzahl außerhalb der ÖPNV-Einzugsbereiche.....	53
6.2.1.3	Ermittlung der nicht erschlossenen "Points of Interest"	53
6.2.2	Grobe Analyse des Nachfragepotenzials einer geplanten Seilbahn mit GIS.....	54
6.2.2.1	Ermittlung der Einwohner und Arbeitsplätze im Einzugsbereich der geplanten Seilbahnstationen	54
6.2.2.2	Ermittlung von "Points of Interest" im Einzugsbereich der geplanten Seilbahnstationen.....	55
6.2.2.3	Ermittlung von bestehenden ÖPNV-Haltestellen in der Nähe der geplanten Seilbahnstationen	55

6.3	Technische Machbarkeitsanalyse.....	56
6.3.1	Analyse der naturräumlichen Gegebenheiten mit GIS.....	57
6.3.1.1	Ermittlung der Boden- und Windverhältnisse.....	57
6.3.1.2	Darstellung des Höhenprofils der geplanten Trasse.....	57
6.3.2	Analyse der Flächenverfügbarkeiten und -nutzungen mit GIS.....	58
6.3.2.1	Ermittlung von grundsätzlich geeigneten Flächen für Stützen und Stationsgebäude.....	58
6.3.2.2	Ermittlung von Nutzungskonflikten entlang der geplanten Trasse.....	59
6.3.2.3	Ermittlung von baulichen Hindernissen entlang der geplanten Trasse.....	59
6.4	Ökonomische Machbarkeitsanalyse.....	60
6.4.1	Detaillierte Nachfrageberechnung mit Verkehrsmodellen.....	60
6.4.1.1	Aufbau und Inhalt eines Verkehrsmodells.....	60
6.4.1.2	Implementierung von Luftseilbahnen in Verkehrsmodellen.....	63
6.4.2	Ökonomische Projektbewertung: die <i>Standardisierte Bewertung</i>	65
6.5	Zusammenfassung: Übersicht über die GIS-Analysen.....	68
6.5.1	Aussagekraft und Aufwand.....	68
6.5.2	Benötigte Geodaten.....	69
7	Fallstudie zur Standortanalyse für urbane Seilbahnen: Großbritannien.....	71
7.1	Landesweite Voranalyse.....	71
7.1.1	Landesweite Standortsuche mit GIS.....	71
7.1.2	Anwendung der Checkliste der begünstigenden Faktoren auf ausgewählte Städte.....	74
7.1.2.1	Bath.....	74
7.1.2.2	Bristol.....	77
7.1.2.3	Cardiff.....	80
7.1.2.4	Edinburgh.....	83
7.1.2.5	Southampton.....	85
7.2	Grobanalyse von Angebot und Nachfrage: Cardiff (Analysebeispiele).....	87
7.2.1	Ermittlung der nicht erschlossenen Gebäude.....	88
7.2.2	Ermittlung der Einwohner im Einzugsbereich der geplanten Seilbahnstationen.....	90
7.2.3	Grobe Abschätzung des Nachfragepotenzials.....	92
7.3	Technische Machbarkeitsanalyse: Cardiff (Analysebeispiele).....	96
7.3.1	Ermittlung von Nutzungskonflikten: Gebäude unter der Trasse.....	96
7.3.2	Ermittlung von Nutzungskonflikten: Anzahl der Einwohner unter der Trasse.....	97
7.4	Kurzfasit zur Standortanalyse von Cardiff.....	98
8	Fazit.....	100
	Glossar.....	103
	Anhang.....	105
	Auflistung der Interviewpartner.....	105
	Vorgangsweise zur Verwendung von <i>OpenStreetMap</i> - und <i>OpenPopGrid</i> -Daten in <i>ArcMap 10.2</i>	106
	Literaturverzeichnis.....	107
	Abbildungsverzeichnis.....	111
	Tabellenverzeichnis.....	113

1 Einleitung

Was früher nur in den Bergen zu finden war, wird heute auch in Großstädten rund um den Globus eingesetzt: Luftseilbahnen. Insbesondere in südamerikanischen Großstädten haben Seilbahnen in den letzten Jahren einen regelrechten Boom erfahren. Durch ihren geringen Platzbedarf, ihre hohe Verlässlichkeit und die minimalen Wartezeiten, durch den Betrieb ohne lokale Schadstoffemissionen und nicht zuletzt durch die relativ kurzen Bauzeiten haben sie für eine Verminderung der Verkehrsprobleme in den staugeplagten Städten gesorgt. So erstaunt es nicht, dass es in vielen anderen Städten, auch europäischen, Vorschläge für die Errichtung von urbanen Luftseilbahnen gibt.

Doch wie kann ermittelt werden, wo Seilbahnen als öffentliches Verkehrsmittel wirklich sinnvoll eingesetzt werden können, und wo nicht? Zur Beantwortung dieser Frage empfiehlt es sich, die bisherigen Einsatzbereiche von Seilbahnen unter die Lupe zu nehmen.

Im alpinen Gelände wurden und werden Seilbahnen eingesetzt, um große Höhenunterschiede zu überwinden. Aber aus welchen Gründen werden Seilbahnen in Städten eingesetzt? Oder, anders gefragt:

Welche sind die begünstigenden Faktoren für den urbanen Einsatz von Luftseilbahnen? Und wie können Standorte mit Unterstützung von GIS auf ihre Eignung für urbane Luftseilbahnen untersucht werden?

Diese und weitere Fragen behandelt die vorliegende Diplomarbeit, die in Zusammenarbeit mit der Firma *Doppelmayr*, dem Weltmarktführer im Seilbahnbau, entstanden ist.

Die Arbeit basiert, wie der Titel bereits vorwegnimmt, auf der Analyse von begünstigenden Faktoren für den Einsatz von urbanen Luftseilbahnen. Alternativ hätte der Schwerpunkt auch auf die nicht begünstigenden Faktoren gelegt werden können; diese sind jedoch in den meisten Fällen implizit als Gegenteil der begünstigenden Faktoren in den Überlegungen enthalten.

Die Diplomarbeit teilt sich grob in drei Abschnitte:

- In den Kapiteln 2 bis 4 wird ein Überblick über die verschiedenen Seilbahnsysteme gegeben und ihre Einsatzbereiche werden anhand von Fallbeispielen erörtert. Daraus werden anschließend die typischen begünstigenden Faktoren für den Einsatz von urbanen Luftseilbahnen abgeleitet.
Dieser Abschnitt ist das Ergebnis einer umfangreichen Recherche, die neben klassischer Literaturrecherche, Medienanalyse und Gesprächen mit Experten auch einen Lokalausweis bei der Umlaufbahn in London beinhaltet.
- Die Kapitel 5 und 6 befassen sich mit den Verwendungsmöglichkeiten von Geographischen Informationssystemen (GIS) bei der Analyse von potenziellen Seilbahnstandorten. Das Herzstück bildet das selbst entworfene Konzept einer GIS-unterstützten Standortanalyse für urbane Seilbahnen.

- In Kapitel 7 werden Teile des Konzeptes im Rahmen einer Fallstudie beispielhaft angewandt. Als Veranschauligungsbeispiel dient Großbritannien. Die Insel hat, durch die großen Wasserflächen der Küstenstädte, durchaus Potenzial für den Einsatz von Seilbahnen.

Dieser Abschnitt besteht hauptsächlich aus der Beschreibung und Darstellung der Analyseergebnisse, die unter anderem mit dem Softwareprogramm *ArcGIS 10.2* erstellt wurden. Zudem fließen Erkenntnisse aus den getätigten Lokalausweisen in Cardiff und Bristol ein.

Abschließend werden die wichtigsten Erkenntnisse in Kapitel 8 zusammengefasst.

Themenabgrenzung

Die vorliegende Diplomarbeit behandelt schwerpunktmäßig Luftseilbahnen im Umlaufbetrieb; Luftseilbahnen im Pendelbetrieb werden nicht näher betrachtet. Standseilbahnen bzw. *Automated People Movers* (APM) werden nicht berücksichtigt. Wo immer in dieser Arbeit der Begriff "Seilbahn" (oder "Umlaufbahn") verwendet wird, sind Luftseilbahnen gemeint.

Der Fokus liegt klar auf der städtischen Nutzung: Die untersuchten Seilbahnen haben meist eine innerstädtische Erschließungsfunktion (Quell- und Zielgebiete innerhalb der Stadt) und sind Teil des ÖPNV-Netzes.

Unter Geographischen Informationssystemen werden in der vorliegenden Arbeit Softwareprogramme verstanden, die der Erfassung, Verwaltung, Analyse und Visualisierung von raumbezogenen Daten dienen. Ein Beispiel dafür ist *ArcMap*. GIS im weiteren Sinn, wie etwa webbasierte Anwendungen (z. B. *Google Maps*) oder regionenspezifische Geoportale werden lediglich kurz erwähnt. Die ebenfalls mit GIS verwandte Verkehrssimulationssoftware wird überblickshaft behandelt.

2 Charakteristika von urbanen Luftseilbahnen

Technisch gesehen gibt es kaum einen Unterschied, ob eine Luftseilbahn im klassischen alpinen Gelände oder in der Stadt eingesetzt wird. Dennoch hat der urbane Betrieb einige Besonderheiten, etwa eine deutlich längere tägliche Betriebsdauer.

Städtische Seilbahnen wurden früher meist im Pendelbetrieb ("Pendelbahnen") eingesetzt, ein Beispiel dafür ist die *Roosevelt Island Tram* in New York City. Durch verschiedene technische Neuerungen wie die Abkuppelung der Kabinen in den Stationen und den barrierefreien Einstieg wurden Seilbahnen im Umlaufbetrieb ("Umlaufbahnen") für den Einsatz in der Stadt jedoch immer besser geeignet und ermöglichen mittlerweile höhere Förderleistungen als Pendelbahnen. So wurden in den letzten Jahren sehr viele der urbanen Seilbahnen, etwa in Südamerika, im Umlaufbetrieb realisiert.

Für den Einsatz im städtischen ÖPNV haben Umlaufbahnen im Vergleich zu Pendelbahnen insbesondere den Vorteil, dass sie als sogenannte Stetigförderer minimale Wartezeiten garantieren und eine höhere Förderleistung auch auf langen Strecken ermöglichen. Außerdem sind sie zumindest teilweise netzfähig.

Der Fokus der vorliegenden Arbeit liegt daher auf den Umlaufbahnen.

2.1 Eigenschaften von Umlaufbahnen im Überblick

- **Beförderungsleistung:** Im Vergleich mit den herkömmlichen städtischen öffentlichen Verkehrsmitteln ist eine Umlaufbahn mit bis zu 5.000 Personen pro Stunde und Richtung zwischen einer konventionellen Buslinie (bis zu 2.100 P/h* R_i) und einer Straßenbahnlinie (bis zu 6.000 P/h* R_i) anzusiedeln.¹
- **Einsatzradius:** Der Streckenlänge von urbanen Umlaufbahnen liegt meist zwischen einem und fünf Kilometern. Es sind zwar auch längere Strecken möglich (momentaner Rekord: knapp 8 km in einer Sektion), im urbanen Bereich jedoch aufgrund der begrenzten Geschwindigkeit sowie der Kosten für zusätzliche Zwischenstationen meist nicht sinnvoll.
- **Geschwindigkeit:** Die (teilweise gesetzlich geregelte) maximale Fahrgeschwindigkeit von Einseil-Umlaufbahnen beträgt 6 m/s (21,6 km/h), jene von 2S- und 3S-Bahnen 7 bzw. 8,5 m/s. Luftseilbahnen können damit zwar nicht so schnell wie z. B. Busse fahren, doch sie werden nicht von Staus o. Ä. beeinträchtigt und halten seltener. Damit können sie, je nach Anzahl der Stationen, eine höhere mittlere Reisegeschwindigkeit als Stadtbusse und Straßenbahnen erreichen.² Da die Streckenlänge von Luftseilbahnen aufgrund der direkten Verbindung zudem meist deutlich kürzer ist, ist oft ein erheblicher Zeitvorteil gegeben.

¹ vgl. Rollinger, Emberger, & Brezina, 2009, S. 67.

² vgl. Wiener Linien, 2014

- **Haltestellen und Trassenverlauf:** Viele städtische Umlaufbahnen verfügen nicht nur über eine Anfangs- und Endstation, sondern bieten auch eine oder mehrere Zwischenstationen. Neben der Erschließung von zusätzlichen Gebieten sind durch Zwischenstationen Richtungsänderungen im Trassenverlauf möglich, sodass sich der Einsatz von modernen Umlaufbahnen nicht nur auf gerade Verbindungen zwischen A und B beschränkt.
- **Kosten:** Pauschale Angaben sind schwierig, da die Kosten projektspezifisch sehr variieren. Die meisten bisher realisierten urbanen Umlaufbahnen verursachten (pro Teilstrecke) Investitionskosten im niedrigen bis mittleren zweistelligen Millionenbereich (höher bei besonders aufwendigen Projekten). Neben der Linienlänge und der Anzahl der Zwischenstationen sind die Kosten stark von der Art der Stationsgebäude und Stützen (Größe, architektonischer Anspruch) sowie den örtlichen Grundstückspreisen abhängig.
Die laufenden Kosten sind ebenfalls variabel, sie bewegen sich im Normalfall im niedrigen bis mittleren einstelligen Millionenbereich. Ein Großteil der laufenden Kosten sind Personalkosten.³
- **Umwelt:** Seilbahnen verursachen durch ihren elektrischen Antrieb keine lokalen Schadstoffemissionen und weisen im Vergleich zu anderen motorisierten Verkehrsmitteln eine hohe Energieeffizienz auf. Im Bergauf-Betrieb verkehrt eine Seilbahn beispielsweise energieeffizienter als eine Buslinie mit ähnlicher Förderleistung.⁴
- **Raumbedarf:** Die Flächeninanspruchnahme von Seilbahnen ist im Vergleich zu straßenabhängigen Verkehrsmitteln gering. Sie beschränkt sich auf die Stützen (bei Einseil-Umlaufbahnen meist im Abstand von 100 bis 300 Metern, bei 3S-Bahnen mit bis zu 3 Kilometern deutlich länger) und die Stationen (Anfangs- und Endstation sowie etwaige Zwischenstationen). Bei der Nutzung des Luftraums über Wohngebäuden können Nutzungskonflikte auftreten.
- **Verfügbarkeit:** Die technische Verfügbarkeit von Seilbahnen ist aufgrund verschiedener Redundanzen ("backups") im System sehr gut; sie liegt meist bei über 99,5 Prozent. Die Verfügbarkeit kann von Umwelteinflüssen (Wind und Gewitter) eingeschränkt werden, wobei Einseil-Umlaufbahnen Windgeschwindigkeiten von bis zu 60 km/h standhalten, 3S-Bahnen sogar bis zu 100 km/h.⁵
- **Sicherheit:** Luftseilbahnen, mit ausgereiften Sicherheitssystemen ausgestattet, sind eines der sichersten Verkehrsmittel.⁶ Im urbanen Einsatz kann das subjektive Sicherheitsgefühl zudem durch die Videoüberwachung der Kabinen erhöht werden.

³ vgl. The Telegraph, 2011; Feltz & Foehr, 2014; Auer, 2007, S. 77

⁴ vgl. Schedereit, 2012, S. 27

⁵ vgl. Auer, 2015

⁶ vgl. Eggenberger, 2012

2.2 Funktionsweise und Bauarten von Umlaufbahnen

Im Gegensatz zu Pendelbahnen, deren Kabinen fix an das Tragseil geklemmt sind und zwischen den Stationen hin- und herpendeln, bewegen sich die Kabinen von Umlaufbahnen "im Kreis". Sie umlaufen die Anfangs- bzw. Endstation und fahren auf der anderen Spur wieder zurück. In den Stationen werden Sie vom Endlosseil abgekuppelt und stark abgebremst (auf 0,2 - 0,3 m/s)⁷, um einen problemlosen Einstieg der Fahrgäste zu ermöglichen.

Es gibt verschiedene Bauarten von Umlaufbahnen, die nun kurz beschrieben werden. Weitere Spezifika können den Fallbeispielen (Kapitel 3) entnommen werden.

Einseil-Umlaufbahn (EUB / MGD)

Die kuppelbare Einseil-Umlaufbahn ist die im urbanen Betrieb am häufigsten eingesetzte und grundsätzlich preisgünstigste Bauart. Wie der Name schon sagt, verkehren ihre Kabinen nur an einem Seil, dem Förderseil: es ist Trag- und Zugseil zugleich. Die Intervalle zwischen den Kabinen sind sehr kurz: bei der Umlaufbahn *Línea Roja* in La Paz (Abbildung 2-1) sind es beispielsweise lediglich 12 Sekunden.



Abbildung 2-1: Einseil-Umlaufbahn. Quelle: Doppelmayr

Geschwindigkeit, max.	6 m/s
Fassungsvermögen pro Kabine, max.	15 Personen
Förderleistung, max.	3.600 Personen/h und Richtung

Tabelle 2-a: Spezifika Einseil-Umlaufbahn. Quelle: Doppelmayr Seilbahnen GmbH, 2015; eigene Darstellung

⁷ vgl. Winter, 2014

Zweiseil-Umlaufbahn (2S)

Bei dieser Bauart sind Trag- und Zugseil getrennt. Dadurch werden eine ruhigere Fahrweise sowie eine etwas höhere Fahrgeschwindigkeit möglich. Außerdem können größere Spannweiten als mit Einseil-Umlaufbahnen realisiert werden, was die Zahl der Stützen reduziert. Die 2S-Bahn ist jedoch im Vergleich zur Einseil-Umlaufbahn weit weniger verbreitet.



Abbildung 2-2: 2S-Bahn. Quelle: wallpaper222.com

Geschwindigkeit, max.	7 m/s
Fassungsvermögen pro Kabine, max.	16 Personen
Förderleistung, max.	3.500 Personen/h und Richtung

Tabelle 2-b: Spezifika Zweiseil-Umlaufbahn. Quelle: Monheim, Muschwitz, Auer, & Philippi, 2010, S. 29; eigene Darstellung

Dreiseil-Umlaufbahn (3S)

3S-Bahnen verfügen über zwei Tragseile sowie ein Zugseil und sind die leistungsfähigste Bauart. Die Kabinen sind deutlich größer und weiter voneinander entfernt als jene von Ein- und Zweiseil-Umlaufbahnen. Sie weisen eine hohe Windstabilität (bis zu 100 km/h) auf und ermöglichen sehr weite Spannfelder (momentaner Rekord: 3 km)⁸. In der Praxis werden 3S-Bahnen nur eingesetzt, wenn es aus technischen Gründen notwendig ist, also wenn z. B. sehr weite



Abbildung 2-3: 3S-Bahn. Quelle: Doppelmayr

Spannfelder nötig sind oder hohe Windgeschwindigkeiten vorliegen. Einseil-Umlaufbahnen kosten nämlich in der Regel deutlich weniger und ermöglichen mittlerweile ebenfalls hohe Förderleistungen.⁹

Geschwindigkeit, max.	8,5 m/s
Fassungsvermögen pro Kabine, max.	35 Personen
Förderleistung, max.	5.000 Personen/h und Richtung

Tabelle 2-c: Spezifika Dreiseil-Umlaufbahn. Quelle: Doppelmayr Seilbahnen GmbH, 2015; eigene Darstellung

⁸ vgl. Doppelmayr Seilbahnen GmbH, 2008

⁹ vgl. Pichler, 2015

Weitere Typen

Neben den bereits genannten Typen gibt es Abwandlungen der klassischen Bauarten, wie etwa das Funitel-System, das dank zweier paralleler Förderseile so windstabil wie eine 3S-Bahn ist und eine etwas höhere Förderleistung als die klassische 2S-Bahn ermöglicht. Ein anderes Beispiel sind Gruppenbahnen, bei denen mehrere Kabinen unmittelbar hintereinander angeordnet sind. Dieser Spezialtyp eignet sich vor allem für kurze Strecken und kann auch im Pendelsystem realisiert werden.¹⁰



Abbildung 2-4: Weitere Bauarten: Funitel-System und Gruppenbahnen. Quelle: Doppelmayr

¹⁰ vgl. Doppelmayr Seilbahnen GmbH, 2015

2.3 Einsatzbereiche

Während der Haupteinsatzbereich von Luftseilbahnen seit jeher im alpinen Tourismus (vor allem im Wintertourismus) lag und immer noch liegt, ist in den letzten Jahren ein zunehmender Einsatz im urbanen Bereich festzustellen. Eine gewisse Pionierrolle kommt dabei südamerikanischen Städten zu, insbesondere dem kolumbianischen Medellín (s. Kapitel 3.3), wo 2004 eine der ersten Umlaufbahnen entstanden ist, die voll dem städtischen ÖPNV zugerechnet werden können.

Momentan werden besonders viele urbane Seilbahnen in Südamerika geplant - als Beispiel sei das Seilbahnnetz in La Paz, Bolivien, genannt. Da sich die bisher realisierten Anlagen in den meisten Fällen als attraktive und (insbesondere in Südamerika) stark genutzte Verkehrslösungen herausstellten, sind mittlerweile in vielen weiteren sogenannten Schwellenländern wie Bolivien, Venezuela, Mexiko oder Algerien - um nur einige zu nennen - urbane Seilbahnen realisiert worden bzw. in Planung.

In Europa läuft die Entwicklung vergleichsweise langsam, was wohl auch damit zusammenhängt, dass die bestehende ÖV-Infrastruktur der meisten europäischen Städte um vieles besser ist. Nichtsdestotrotz zeigen realisierte Anlagen wie jene in London (s. Kapitel 3.1) und eine Vielzahl von vorgeschlagenen Projekten in anderen europäischen Städten, dass die Vorzüge von Luftseilbahnen im urbanen Verkehr erkannt werden. Auch in Großbritannien, das als relativ flaches Land kein typisches Einsatzgebiet von Luftseilbahnen ist, gibt es seit der Realisierung der Londoner Umlaufbahn einige Projektvorschläge.

Laut Ansicht von Experten der Branche ist nicht nur von einem kurzzeitigen Boom auszugehen.¹¹ Die Luftseilbahn scheint sich zumindest als Nischenprodukt für besondere Standortherausforderungen im ÖPNV zu etablieren.

Aufgrund der begrenzten Systemlänge und der eingeschränkten Netzfähigkeit übernehmen Luftseilbahnen in der Stadt jedoch meist nur die Rolle eines Systemergänzers. Folgende Funktionen sind häufig anzutreffen:¹²

- Überwindung von Hindernissen topographischer oder baulicher Art
- Zubringer (bzw. Verteiler) für höherrangige öffentliche Verkehrsmittel
- Anbindung von peripher gelegenen Verkehrserzeugern

Damit sind bereits einige der begünstigenden Faktoren für den Einsatz von urbanen Luftseilbahnen erwähnt; wie diese in der Praxis aussehen können, wird im folgenden Kapitel 3 anhand mehrerer Fallbeispiele dargestellt.

¹¹ vgl. Pichler, 2015

¹² vgl. Monheim, Muschwitz, Auer, & Philippi, 2010, S. 51 ff.

3 Fallbeispiele

Der offenkundigste und wesentliche Vorteil von Luftseilbahnen gegenüber anderen öffentlichen Verkehrsmitteln ist die leichte Überwindbarkeit von topographischen Hindernissen. Wenn diese vorliegen, kann die Luftseilbahn ihre größten Vorteile ausspielen. Aber auch andere Faktoren können dazu beitragen, dass sich eine Seilbahn als geeignetes Verkehrsmittel für eine bestimmte Situation erweist.

In diesem Kapitel wird analysiert, welche begünstigenden Faktoren bei bereits bestehenden Anlagen vorliegen. Dies geschieht hauptsächlich anhand der Fallbeispiele London und La Paz; weitere Seilbahnprojekte werden überblickshaft behandelt. Die Erkenntnisse werden anschließend in Kapitel 4 dargelegt.

3.1 Emirates Air Line, London



Abbildung 3-1: Emirates Air Line; eigene Fotos

3.1.1 Projektbeschreibung

Die Londoner Umlaufbahn mit dem Namen *Emirates Air Line*, kurz vor den Olympischen Spielen 2012 eröffnet, ist die erste und momentan einzige urbane Luftseilbahn Großbritanniens. Im Osten der Stadt gelegen, verkehrt sie zwischen der Greenwich Peninsula und den Royal Victoria Docks. In der Nähe der Stationen befinden sich eine große Veranstaltungshalle (*The O2*) und ein Messezentrum (*ExCeL*); beide waren Austragungsorte der Olympischen Spiele. Zudem ist der London City Airport nur etwas mehr als einen Kilometer entfernt.

Die Umlaufbahn ist Teil des städtischen ÖPNV-Netzes; die beiden Stationen befinden sich jeweils in unmittelbarer Nähe zu Haltestellen des städtischen Schienenverkehrsnetzes (U-Bahn und *Docklands Light Railway*).

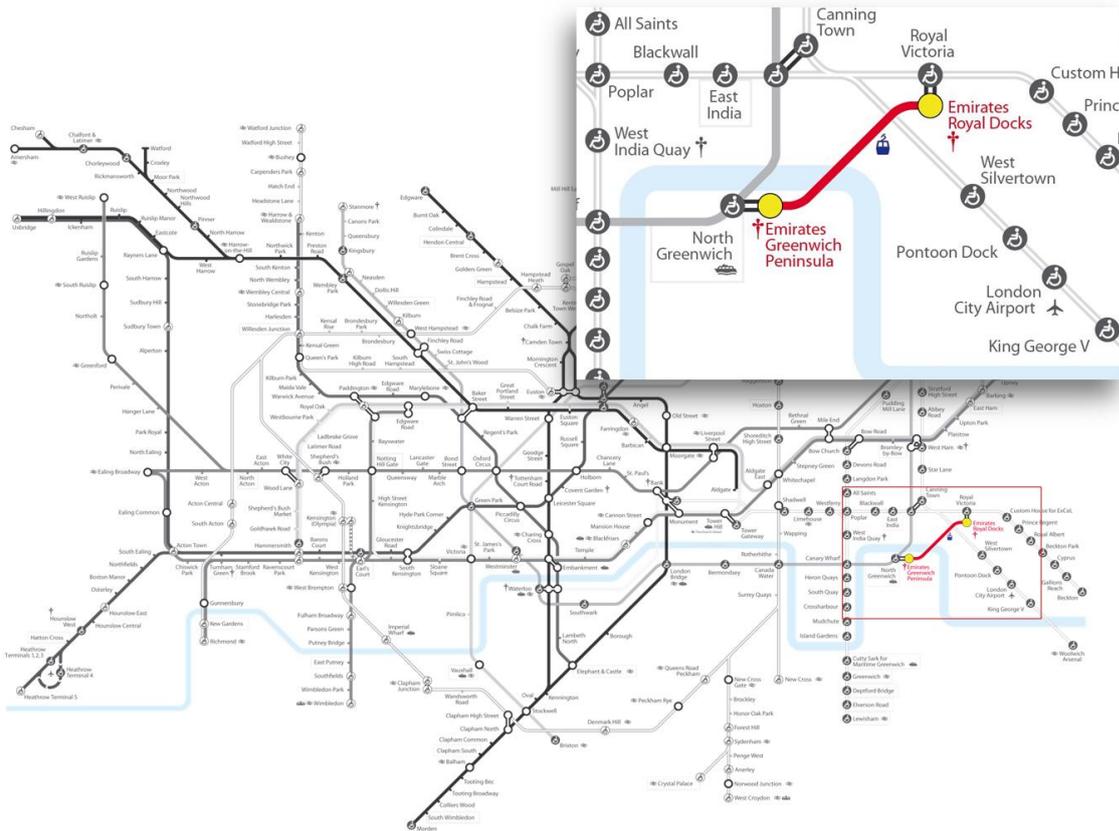


Abbildung 3-2: Einbindung der Emirates Air Line in das London U-Bahn-Netz: Quelle: TfL; eigene Bearbeitung

Emirates Air Line

Typ	Einseil-Umlaufbahn (MGD)
Fahrgäste pro Kabine	10
Anzahl Kabinen	34
Anzahl Stationen	2
Anzahl Stützen	3
Förderleistung (je Richtung)	2.500 Personen/h
Schräge Länge	1.103 m
Vertikale Höhe	ca. 70 m
Fahrgeschwindigkeit	1,8 bis 4 m/s (je nach Tageszeit)
Fahrzeit	5 bis 10 min (je nach Tageszeit)
tägliche Betriebsdauer	13 bis 16 h (je nach Wochentag)

Tabelle 3-a: Technische Daten Emirates Air Line, London¹³

Die Anlage wurde, auch aufgrund des Zeitdrucks in Form der Olympischen Spiele, innerhalb von nur elf Monaten realisiert. Pläne für eine Seilbahn am dortigen Standort hatte man aber schon in den 90er Jahren, und

¹³ vgl. Winter, 2014, S. 5-6; Winter, 2015; Giles, 2015

zwar seitens der großen britischen Planungsfirma *Mott MacDonald*. Die Olympischen Spiele spielten damals noch keine Rolle; es ging um die Erschließung bzw. Weiterentwicklung des Gebietes North Greenwich.¹⁴

2010	Projektausschreibung
März 2011	Abschluss Planungs- und Genehmigungsverfahren
Juli 2011	Baubeginn
Juni 2012	Eröffnung
Juli-August 2012	Olympische Spiele; Rekord-Nutzerzahl: 30.000 Fahrgäste an einem Tag
September 2012	Marke von 1 Mio. Fahrgästen erreicht
März 2015	Marke von 5 Mio. Fahrgästen erreicht

Abbildung 3-3: Zeitleiste der Entwicklung der *Emirates Air Line*. Quellen: Winter, 2014; Winter, 2015; eigene Darstellung

Die Gesamtkosten der Anlage beliefen sich auf etwa 60 Mio. £ (75 Mio. € zum Zeitpunkt der Herstellung) und überstiegen damit das für urbane Seilbahnen übliche Maß deutlich. 60 Prozent der Kosten wurden von einem privaten Sponsor, der Fluggesellschaft *Emirates*, getragen. Sie hält dadurch für zehn Jahre die Namensrechte an der Anlage.¹⁵ Ca. 8 Mio. £ wurden von der EU im Rahmen des *EFRE (Europäischer Fonds für regionale Entwicklung)* beigesteuert, die restlichen rund 16 Mio. £ mussten von der Stadt (bzw. *TfL*) übernommen werden.

Eigentümer ist der städtische ÖV-Betreiber *Transport for London (TfL)* über die Tochterfirma *DLR*. Für den seilbahntechnischen Betrieb und die Wartung ist *Doppelmayr Cable Car* zuständig - eine Tochterfirma des Herstellers *Doppelmayr*.¹⁶

In den Medien wurde das Projekt aufgrund der vergleichsweise hohen Baukosten sowie der sinkenden Auslastung kritisiert. Dabei muss allerdings berücksichtigt werden, dass die Olympischen Spiele zu Beginn für außerordentlich hohe Fahrgastzahlen sorgten, die in der Folge nicht mehr erreicht werden konnten. Die Nutzerzahlen blieben anschließend zwischen 2013 und 2014 mit jeweils knapp über 1,5 Mio. Fahrgästen pro Jahr annähernd konstant. 2014 waren es durchschnittlich etwas über 4.100 Fahrgäste pro Tag, wobei die

¹⁴ vgl. Winter, 2015

¹⁵ vgl. BBC, 2012

¹⁶ vgl. Winter, 2014, S. 4

stärkste Nutzung an den Wochenenden zu verzeichnen ist (teilweise 10.000 Fahrgäste/Tag). Der Tageschnitt über die ersten drei Betriebsjahre liegt hingegen bei rund 5.000 Fahrgästen. Die Kapazitätsauslastung betrug 2014 rund 6,5 Prozent.¹⁷

In diesem Ausmaß nicht erwartet wurde der Faktor Tourismus: Fast alle Fahrten, nämlich 98 Prozent, sind dem Tourismus zuzurechnen.¹⁸ Mit dazu beitragen hat neben der Attraktivität als „Aussichtsplattform“ wohl die Ticket-Preispolitik: Auch Inhaber der *Travelcard*, der Londoner ÖV-Tages- bzw. Mehrtageskarte, müssen die Seilbahnfahrt extra bezahlen (wenn auch zu einem verminderten Preis). Aufgrund der touristischen Nutzung verkehren die Kabinen untertags und vor allem abends mit stark verminderter Geschwindigkeit.



Abbildung 3-4: Standort der Emirates Air Line mit Umgebung. Quelle: Google Maps; eigene Bearbeitung

Langfristig wird es aber aufgrund von bedeutenden Stadterweiterungsprojekten, die bis zum Jahr 2026 in unmittelbarer Nähe der beiden Stationen realisiert werden sollen (s. Abbildung 3-5), zu Veränderungen kommen: Erwartet wird ein deutlicher Anstieg der Nutzerzahlen und eine Zunahme der nicht-touristischen Nutzung.¹⁹ Damit könnte die Seilbahn verstärkt die Funktion erlangen, die ihr bei der ursprünglichen Projektidee zugeordnet wurde.

¹⁷ vgl. Transport for London, 2015; Giles, 2015; eigene Berechnungen

¹⁸ vgl. Winter, 2015

¹⁹ vgl. Winter, 2015

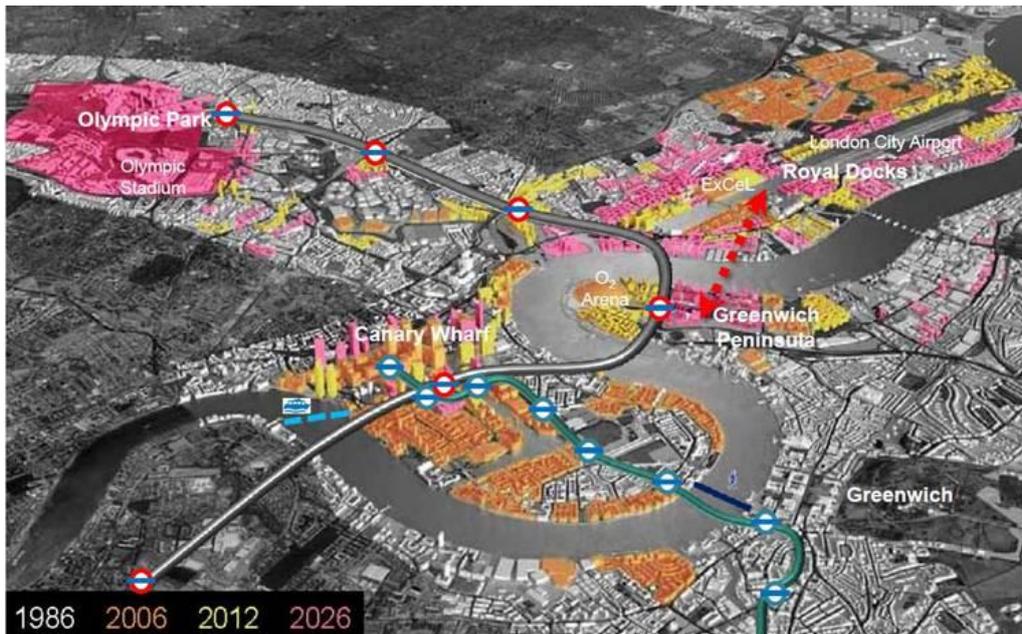


Abbildung 3-5: Stadtentwicklungsprojekte und deren Zeithorizont im Umfeld der Umlaufbahn. Quelle: Doppelmayr

3.1.2 Begünstigende Faktoren

- **Topographie: Gewässer und Infrastruktur mit Trennwirkung**

Die Anlage in London ist ein Beispiel dafür, wie Seilbahnen in der Stadt eingesetzt werden können, um Gewässer zu überwinden. Rund die Hälfte der Strecke führt über Wasser, wobei zwei Wasserflächen überfahren werden: die Themse sowie ein kleiner Teil des Kanals an den Royal Docks. Weiters werden eine Bahnlinie und eine höherrangige Straße überbrückt. Nennenswerte Höhenunterschiede zwischen den Stationen sind hingegen nicht zu verzeichnen.

- **Wichtige Quell- und Zielgebiete**

Die Entwicklungsgebiete auf beiden Seiten der Themse spielten bereits bei den ersten Projektideen in den 90er-Jahren eine Rolle. Die Entwicklung der Greenwich Peninsula ist von großer Bedeutung; sie wird im strategischen *London Plan* als „opportunity area“ bezeichnet:

“Opportunity areas are the capital's major reservoir of brownfield land with significant capacity to accommodate new housing, commercial and other development linked to existing or potential improvements to public transport accessibility. Typically they can accommodate at least 5,000 jobs or 2,500 new homes.”²⁰

Auch auf der orographisch linken Seite ist mit dem Royal Albert Dock ein großes Entwicklungsgebiet vorhanden, wo Bürogebäude im Ausmaß von rund 56.000 Quadratmeter entstehen sollen.²¹

²⁰ Greater London Authority, 2015, S. 77

²¹ vgl. Greater London Authority

Durch das Messezentrum und die Veranstaltungshalle sind bisher nur temporäre Quell- und Zielgebiete gegeben. Vor allem mit der sukzessiven Fertigstellung des Greenwich Peninsula - Entwicklungsgebietes samt Wohn- und Bürogebieten sowie eines großen Hotelkomplexes dürfte jedoch in den nächsten Jahren ein größerer „Grundstock“ an Fahrgästen entstehen.

- **Verkehrssystem: Überlastete Straßen und mangelnde Direktverbindungen**

Es gab am Standort vor dem Seilbahnbau zwar keine große Lücke im ÖV-Netz, es mangelte aber an direkten Überquerungsmöglichkeiten der Themse. Die Seilbahn ist nun im Vergleich zur ÖV-Alternativroute (U-Bahn und Lightrail) die kürzere und einzige direkte Verbindung. Der Vergleich mit dem MIV ist deutlicher: über fünf Mal länger und einige Minuten langsamer als die Seilbahnfahrt ist die Fahrt zwischen den beiden Stationen mit dem Auto.²² Mögliche (und in der Praxis häufige)²³ Überlastungen der Straßenverbindung sind dabei noch gar nicht berücksichtigt.

Die momentan fast ausschließlich touristische Nutzung der Seilbahn drängt ihre Rolle als ÖV-Mittel allerdings noch klar in den Hintergrund.

- **ÖV-freundliche Verkehrspolitik**

In der *Mayors's Transport Strategy* von 2010 wurde eine Überlastung des ÖV- und MIV-Netzes bei gleichzeitig erwartetem Stadtwachstum festgestellt: „*Public transport is crowded and many of the roads are already congested, with population and employment growth set to increase the pressure.*“²⁴ Als eine von vielen Verbesserungsmöglichkeiten („*Significant additions to transport capacity and connectivity in London*“) wurde die Schaffung von mehr Überbrückungen der Themse genannt.²⁵ Die Seilbahn kann diesem strategischen Ziel zugeordnet werden.

Auch wenn die verkehrliche Bedeutung der Anlage derzeit relativ gering erscheint, ist die Seilbahn aufgrund der Neuartigkeit und hohen Sichtbarkeit eine Art „Leuchtturmprojekt“ in der Verkehrspolitik von Londons Bürgermeister Boris Johnson. Als solches wird es häufig herangezogen, wenn die Politik des Bürgermeisters kritisiert wird. Dadurch, dass die Anlage momentan hauptsächlich eine Touristenattraktion darstellt und für *Travelcard*-Inhaber nicht kostenfrei benutzbar ist, gab es etwa Kritik an der Teilfinanzierung aus dem ÖV-Budget. Die Realisierung der Seilbahn zeigt jedoch immerhin die Bereitschaft für innovative Verkehrsträger seitens der Stadt.

- **Sehr gute städtische Wirtschaftslage, finanzieller Spielraum durch PPP-Modelle**

London als größte westeuropäische Metropole sowie Finanzstandort von Weltrang ist eine wirtschaftliche Ausnahmeerscheinung. Das Wirtschafts- und Bevölkerungswachstum (jährlicher Zuwachs von über

²² vgl. Google, 2015

²³ vgl. BBC, 2011

²⁴ Greater London Authority, 2010, S. 7

²⁵ vgl. Greater London Authority, 2010, S. 13

100.000 Einwohnern zwischen 2010 und 2014)²⁶ führt zu städtebaulichen Großinvestitionen wie den Bauvorhaben auf der Greenwich Peninsula. Dies beeinflusst indirekt auch die Machbarkeit von Projekten wie der Seilbahn über die Themse und macht Sponsoring von öffentlichen Projekten seitens Privatfirmen (in diesem Fall *Emirates*) offenbar attraktiv. Damit soll der finanzielle Aufwand seitens der Stadtverwaltung niedrig gehalten werden - zu Beginn war in London sogar von einer vollständigen Fremdfinanzierung der Seilbahn ausgegangen worden.²⁷

- **Tourismus und Olympische Spiele**

Die Olympischen Spiele sowie der Tourismus im Allgemeinen spielten bei der ursprünglichen Projektidee nicht die größte Rolle, stellten sich aber bislang eindeutig als die wichtigsten begünstigenden Faktoren heraus. Die Olympischen Spiele trugen zur letztendlich schnellen Projektrealisierung bei und sorgten für sehr hohe Fahrgastzahlen.

Die touristische Nutzung der Anlage wurde bei der Planung zwar erwartet, jedoch nicht in diesem Ausmaß. Dass der Tourismus die Hauptfunktion darstellt, zeigt sich nun auch an der geänderten Werbestrategie seitens *TfL*: die Anlage wird hauptsächlich als Attraktion vermarktet. Damit ist die Anlage momentan ein Beispiel für die eindeutig touristische Nutzung einer urbanen Seilbahn. Auch falls es mittelfristig durch die neuen Entwicklungsgebiete zu einer stärkeren Nutzung als Alltags-Verkehrsmittel kommt, wird der Tourismus wohl die wichtigste Einnahmequelle der Anlage bleiben.

²⁶ vgl. Eurostat, 2015 a

²⁷ vgl. BBC, 2011

3.2 Seilbahnnetz *Mi Teleférico, La Paz*



Abbildung 3-6: *Línea Roja* und *Línea Verde* in La Paz / El Alto. Quelle: Doppelmayr

3.2.1 Projektbeschreibung

Auch wenn es sich um dieselbe Seilbahntechnik wie in London handelt, ist das zweite Fallbeispiel von La Paz bzw. El Alto in Bolivien ein grundlegend anderes. Schon alleine aufgrund der Größenordnung: hierbei handelt es sich um ein komplettes urbanes Seilbahnnetz. 2014 wurden drei Umlaufbahnen eröffnet; Weitere sechs folgen bis 2019. Damit ist die höchstgelegene Metropole der Welt ein Paradebeispiel für den Einsatz von urbanen Luftseilbahnen.

Die 2014 in Betrieb genommenen Einseil-Umlaufbahnen verbinden das Zentrum von La Paz mit den südlichen Stadtbezirken und der höhergelegenen Stadt El Alto und bieten damit eine attraktive Alternative zu den überlasteten Straßen und schlechten Busverbindungen.

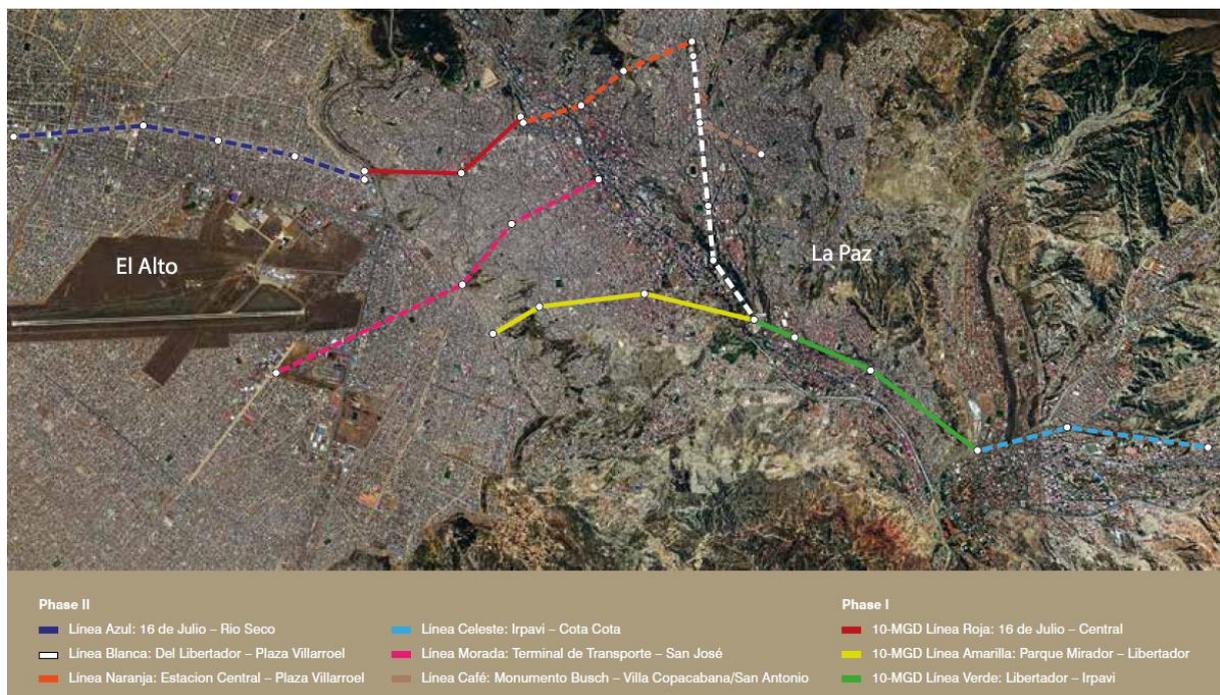


Abbildung 3-7: Seilbahnnetz von La Paz / El Alto. Quelle: Doppelmayr

Das staatlich forcierte Großprojekt wurde im Jahr 2010 gestartet und wird voraussichtlich 2019 abgeschlossen:

2010-2011	Vor-Projektphase
Oktober 2012	Baubeginn
Mai 2014	Inbetriebnahme der <i>Línea Roja</i> (Rote Linie)
September 2014	Inbetriebnahme der <i>Línea Amarilla</i> (Gelbe Linie)
Dezember 2014	Inbetriebnahme der <i>Línea Verde</i> (Grüne Linie); Seilbahnnetz erreicht Marke von 10 Mio. Fahrgästen
März 2015	Auftragsvergabe für sechs weitere Seilbahnlinien
2017 [geplant]	Inbetriebnahme der <i>Línea Azul</i> (Blau) und der <i>Línea Blanco</i> (Weiß)
2018 [geplant]	Inbetriebnahme <i>Línea Naranja</i> (Orange) und der <i>Línea Celeste</i> (Hellblau)
2019 [geplant]	Inbetriebnahme der <i>Línea Morada</i> (Lila) und der <i>Línea Café</i> - Projektabschluss

Abbildung 3-8: Zeitleiste der Entwicklung des Seilbahnnetzes von La Paz / El Alto. Quellen: Bäuerlen, 2015; Doppelmayr Seilbahnen GmbH / ikp Vorarlberg GmbH, 2015; Villa, 2012; eigene Darstellung

Die ersten drei Seilbahnen wurden, den Nationalfarben entsprechend, *Línea Roja*, *Línea Amarilla* und *Línea Verde* benannt. Die als erste eröffnete *Línea Roja* ist rund 2,3 Kilometer lang, die *Línea Amarilla* und die direkt daran angeschlossene *Línea Verde* weisen eine Länge von jeweils 3,7 Kilometern auf. Mit der Realisierung der weiteren sechs Anlagen entsteht ein fast durchgängiges, rund 30 Kilometer langes urbanes Seilbahnnetz, das in diesem Ausmaß weltweit einzigartig ist.

Alle neun Umlaufbahnen sind vom gleichen Typus (10-MGD) und alle verfügen, bis auf die kurze *Línea Café*, über eine Förderleistung von 3.000 Personen pro Stunde und Richtung. Die längste ist die *Línea Azul* (knapp fünf Kilometer) mit fünf Stationen und 223 Kabinen, bei einer Fahrzeit von 18 Minuten.²⁸

²⁸ vgl. Doppelmayr Seilbahnen GmbH / ikp Vorarlberg GmbH, 2015

	<i>Línea Roja</i>	<i>Línea Amarilla</i>	<i>Línea Verde</i>
Typ	Einseil-Umlaufbahn (MGD)	Einseil-Umlaufbahn (MGD)	Einseil-Umlaufbahn (MGD)
Fahrgäste pro Kabine	10	10	10
Anzahl Kabinen	109	169	165
Anzahl Stationen	3	4	4
Anzahl Stützen	19	31	27
Förderleistung (je Richtung)	3.000 Personen/h	3.000 Personen/h	3.000 Personen/h
Streckenlänge	2.349 m	3.737 m	3.706 m
Höhenunterschied	400 m	665 m	128 m
Fahrgeschwindigkeit	5 m/s	5 m/s	5 m/s
Fahrzeit	10,5 min	16,8 min	16,6 min
tägliche Betriebsdauer	17 h	17 h	17 h

Tabelle 3-b: Technische Daten *Línea Roja*, *Línea Amarilla* und *Línea Verde*. Quellen: Doppelmayr Seilbahnen GmbH / ikp Vorarlberg GmbH, 2014; Doppelmayr Seilbahnen GmbH / ikp Vorarlberg GmbH, 2015; JornadaNet, 2014; Los Tiempos, 2014; eigene Darstellung

Die Gesamtkosten für die ersten drei Linien beliefen sich auf 234 Mio. US-Dollar (193 Mio. € zum Zeitpunkt der Fertigstellung) und wurden zur Gänze vom Staat getragen.

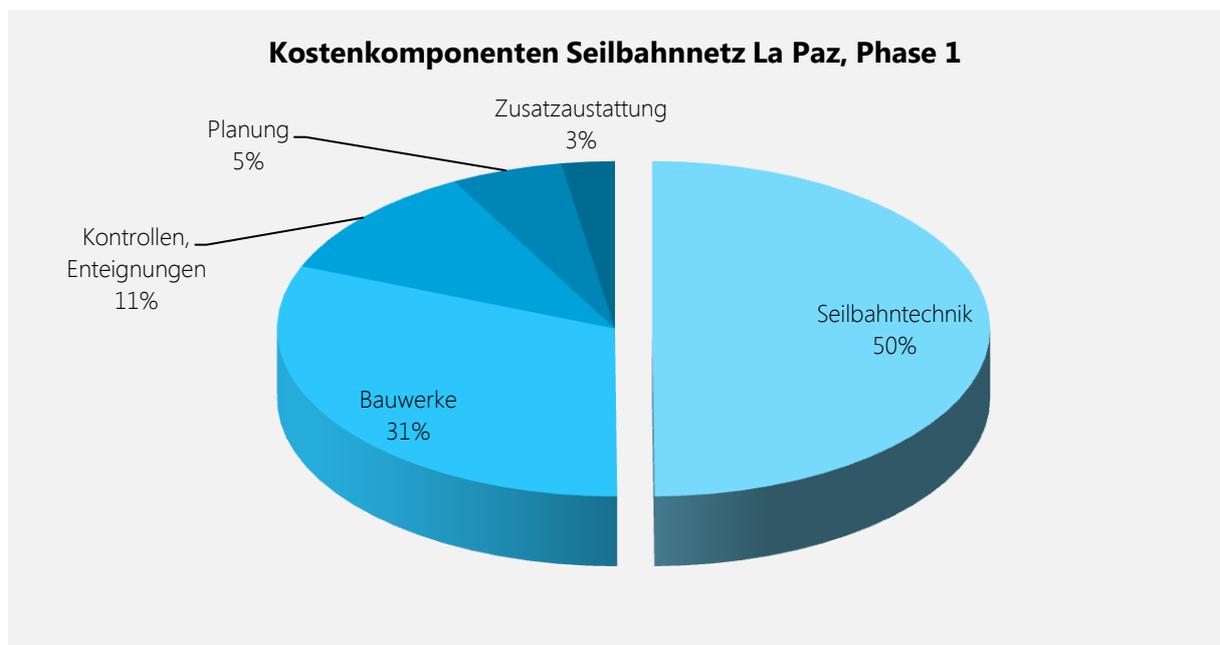


Abbildung 3-9: Kostenanteile der einzelnen Komponenten für die Realisierung der ersten drei Seilbahnlinien von La Paz / El Alto. Quelle: Empresa Estatal de Transporte por Cable Mi Teleférico; eigene Darstellung

Die großen Stationsgebäude, die auch kommerzielle Nutzflächen beinhalten, machen ein knappes Drittel der Kosten aus. Der seilbahntechnische Teil ist mit genau 50 Prozent die größte Kostenkomponente und hat hier

somit einen wesentlich größeren Anteil als bei der aufwendiger gestalteten Anlage in London. In der Gesamtsumme enthalten sind auch die Kosten für Grundstücksankäufe bzw. Enteignungen. Benötigte Privatgrundstücke wurden unabhängig bewertet und vom Staat angekauft, wobei es in rund 80 Prozent aller Fälle schnelle Einigungen mit den Eigentümern gab. Ein Großteil der Stationen konnte jedoch ohnehin auf öffentlichen Grundstücken errichtet werden.²⁹

Eine Besonderheit ist die sozialpolitische Komponente dieses Verkehrsprojektes, welches der bolivianische Präsident Evo Morales zum Vorzeigebispiel auserkoren hat. Die Seilbahnen verbinden (unter anderem) das wohlhabendere wirtschaftliche Zentrum La Paz auf rund 3.300 Metern Meereshöhe mit der schnell wachsenden Trabantenstadt El Alto auf 4.000 Metern, wo das Einkommensniveau deutlich niedriger ist. Der gewählte Werbeslogan "*Uniendo nuestras vidas*" bezieht sich insofern auf das Zusammenführen der Lebenswelten und Sozialschichten der bis dato sehr unterschiedlichen Städte. Dementsprechend moderat sind auch die Ticketpreise: Der Vollpreis für eine Fahrt liegt bei 3 Bolivianos (knapp 0,40 €), was vergleichbar mit den Fahrpreisen der Kleinbusse ist,³⁰ daneben gibt es Ermäßigungen. Die Seilbahnen sind in staatlichem Eigentum (*Empresa Estatal de Transporte por Cable "Mi Teleférico"*).

Das tägliche Fahrgastaufkommen im Seilbahnnetz von La Paz ist für urbane Umlaufbahnen beträchtlich. Besonders die *Línea Amarilla* wird sehr stark genutzt. In den ersten zweieinhalb Monaten nach Eröffnung der *Línea Verde* wurden folgende Fahrgastzahlen gemessen:

- *Línea Roja*: 37.000 Personen/Tag
- *Línea Amarilla*: 67.000 Personen/Tag
- *Línea Verde*: 21.000 Personen/Tag³¹

Zum Vergleich: Die ebenfalls stark genutzte urbane Seilbahn in Taipeh, Taiwan, befördert täglich rund 24.000 Personen, die *Línea K* in Medellin, Kolumbien (siehe Kapitel 3.3), rund 20.000 Personen.³²

Der Auslastungsgrad der ersten drei Seilbahnlinien in La Paz liegt zwischen 21 und 66 Prozent, im Schnitt bei 41 Prozent.³³ Zum Vergleich: der durchschnittliche Auslastungsgrad im ÖPNV in Deutschland lag 2012 bei 23 Prozent.³⁴

Dieser hohe Nutzungsgrad kann auf die stark überlastete Straßeninfrastruktur der hügeligen Stadtregion und auf die hohen Pendlerströme (täglich rund 440.000 zwischen La Paz und El Alto) zurückgeführt werden. Diese Umstände führen zu einer beträchtlichen Zeitersparnis durch die Umlaufbahn: Die Fahrt mit der *Línea*

²⁹ vgl. Bäuerlen, 2015; Empresa Estatal de Transporte por Cable Mi Teleférico

³⁰ vgl. Herrmann, 2015

³¹ vgl. Empresa Estatal de Transporte por Cable Mi Teleférico, 2015; eigene Berechnung

³² vgl. Ecker, 2013

³³ vgl. Empresa Estatal de Transporte por Cable Mi Teleférico, 2015; eigene Berechnung

³⁴ vgl. Statista, 2015

Roja kann in Stoßzeiten beispielsweise bis zu 45 Minuten schneller sein als die Fahrt mit dem Auto oder mit den öffentlichen Kleinbussen bzw. Gruppentaxis.³⁵

3.2.2 Begünstigende Faktoren

- **Topographie: Höhenunterschiede**

Die Topographie in der Metropolregion La Paz / El Alto ist mit alpinem Gelände vergleichbar und damit ein idealer Einsatzbereich für Luftseilbahnen. Es sind kaum größere ebene Flächen vorhanden, teilweise gibt es Höhenunterschiede von mehreren hundert Metern. Insbesondere der Höhenunterschied zwischen der Südstadt von La Paz und El Alto ist mit fast 700 Metern beträchtlich.³⁶

- **Siedlungsstruktur: Platzmangel, Stadtwachstum, wichtige Quell- und Zielgebiete**

Die Stadtregion ist sehr dicht bebaut und vor allem in El Alto von einfachen Siedlungen geprägt. Der Raum, der für den Verkehr genutzt werden kann, ist daher knapp. Da Bolivien momentan das südamerikanische Land mit dem höchsten Bevölkerungswachstum ist, liegt weiteres Stadtwachstum nahe.

Die dichte Siedlungsstruktur und das Bevölkerungswachstum bringen ein beträchtliches Nachfragepotenzial mit sich: bevölkerungsreiche Armensiedlungen auf der einen, die Innenstadt auf der anderen Seite.

- **Verkehrssystem: Stark überlastete Straßen, mangelnder öffentlicher Nahverkehr**

Das bisherige Straßenverkehrsnetz war eindeutig überfordert und gleichzeitig aufgrund der topographischen Verhältnisse nicht gut ausbaufähig. Zwischen La Paz und dem höher gelegenen El Alto sind Staus der Regelfall. Das trifft nicht nur den MIV, sondern auch die privat betriebenen Kleinbusse und Taxis. Öffentlich betriebene Busse, die sogenannten *Puma Katari*, gibt es erst seit 2014;³⁷ sie verkehren nur in La Paz.

Aufgrund der Überlastung der durch das Gelände ohnehin umwegbehafteten Straßenverbindungen brauchte man von der Südstadt von La Paz bis hinauf nach El Alto auf dem Straßenweg in Stoßzeiten oft mehr als zwei Stunden. Zum Vergleich: Mit der Seilbahn (*Línea Verde* und angeschlossene *Línea Amarilla*) beträgt die Fahrzeit nun 34 Minuten.³⁸

³⁵ vgl. Doppelmayr Seilbahnen GmbH / ikp Vorarlberg GmbH, 2014

³⁶ vgl. Herrmann, 2015

³⁷ vgl. LaPazBUS

³⁸ vgl. Herrmann, 2015

- **Verkehrspolitik: starkes staatliches Engagement**

In La Paz gab es auf Stadtregierungsebene bereits vor Jahrzehnten Ideen für den Einsatz von Seilbahnen, die jedoch nie realisiert wurden.

Neu ins Leben gerufen wurde die Projektidee von staatlicher Seite, nämlich vom bolivianischen Präsident Evo Morales selbst. Er erklärte die Seilbahnen zur Chefsache; sie wurden von der Regierung priorisiert und entwickelten sich zu einer Art Leuchtturmprojekt der staatlichen Verkehrspolitik. Neben der Modernisierung der Infrastruktur war die soziale Komponente, nämlich die Anbindung von Gebieten mit niedrigem Einkommensniveau an die Innenstadt, ein wichtiges Ziel. Die Realisierung des Seilbahnnetzes von La Paz war insofern eine klare staatliche Angelegenheit - im Gegensatz zu London, wo die Stadt federführend war.

Die Idee eines Verkehrsnetzes war von Beginn an vorhanden, auch wenn die Realisierung der weiteren sechs Linien erst aufgrund des Erfolgs der ersten drei Linien beschlossen wurde.³⁹

³⁹ vgl. Bäuerlen, 2015

3.3 Weitere Beispiele (Übersicht)

Seilbahn Bozen-Ritten, Italien (2009)⁴⁰



Abbildung 3-10: Seilbahn Bozen - Ritten. Quelle: <http://www.weihrerhof.it/images/header/funivia-del-renon.jpg>

Typ	Dreiseil-Umlaufbahn (3S) mit 35 Personen pro Kabine
Anzahl Kabinen	10
Anzahl Stationen	2
Förderleistung (je Richtung)	720 Personen/h
Streckenlänge	4.560 m
Höhenunterschied	950 m
Fahrzeit	12 min
Kosten	ca. 16 Mio. €

Tabelle 3-c: Eckdaten Seilbahn Bozen-Ritten

Begünstigende Faktoren:

- Höhenunterschied
- Polyzentrische Quell- und Zielgebiete: Verbindung Stadt - Dorf
- Lücke im ÖV-Netz: Verbindung Bahnhof - Schmalspurbahn
- umständliche Straßenverbindung: 17 Kilometer für dieselbe Verbindung (Halbierung der Fahrzeit durch Seilbahn)
- finanzieller Spielraum: PPP-Modell
- Tourismus

⁴⁰ vgl. Weithaler, 2009; Autonome Provinz Bozen - Südtirol, 2014

Metrocable Caracas - San Agustín, Venezuela (2010)⁴¹



Abbildung 3-11: Metrocable Caracas - San Agustín. Quelle: Doppelmayr

Typ	Einseil-Umlaufbahn (MGD) mit 8 Personen pro Kabine
Anzahl Kabinen	50
Anzahl Stationen	5
Förderleistung (je Richtung)	1.200 Personen/h
Streckenlänge	2.290 m (schräge Länge)
Höhenunterschied	110 m
Fahrzeit	10 min
Kosten	ca. 18 Mio. US-Dollar (Seilbahntechnik)

Tabelle 3-d: Eckdaten Metrocable Caracas - San Agustín

Begünstigende Faktoren:

- Höhenunterschied
- dichte Siedlungsstruktur
- mehrere trennende Hindernisse: Fluss, Autobahn und Schnellstraße
- mangelhafte Straßenverkehrsinfrastruktur
- Lücke im ÖV-Netz: Anbindung Außenbezirk an U-Bahn-Station
- Priorisierung des Projektes auf staatlicher Ebene

⁴¹ vgl. Waldherr, 2010; Doppelmayr Seilbahnen GmbH / WIR Public Relations, 2009, S. 8

Metrocable Línea K, Medellín, Kolumbien (2004)⁴²



Abbildung 3-12: Metrocable Medellín, Línea K. Quelle: http://www.las2orillas.co/wp-content/uploads/2013/07/MAO_2560.jpg

Typ	Einseil-Umlaufbahn (MGD) mit 10 Personen pro Kabine
Anzahl Kabinen	90
Anzahl Stationen	4
Förderleistung (je Richtung)	3.000 Personen/h
Streckenlänge	2.072 m
Höhenunterschied	399 m
Fahrzeit	9 min
Kosten	ca. 26 Mio. US-Dollar

Tabella 3-e: Eckdaten Metrocable Medellín, Línea K

Begünstigende Faktoren:

- Höhenunterschied
- sehr dichte Siedlungsstruktur
- schlechte Straßenverbindung (sehr hoher Zeitaufwand: rund 2 Stunden)
- Lücke im ÖV-Netz: Anbindung Außenbezirk an U-Bahn-Station
- politischer Wille sowie Kombination des Seilbahnprojektes mit Sozialprojekten gegen die vorherrschende Armut und die hohen Kriminalitätsraten

⁴² vgl. Seeber, 2010, S. 124; Auer, 2007, S. 28; Dale, 2010; Dahms, 2009

4 Begünstigende Faktoren für den Einsatz von urbanen Luftseilbahnen

Bei der Betrachtung von bestehenden urbanen Seilbahnanlagen ist ein gewisser Unterschied zwischen europäischen und südamerikanischen Städten festzustellen: In Südamerika, beispielsweise in Caracas, Medellín oder La Paz, gab es vor der Realisierung der Seilbahnprojekte ein mangelhaftes bis nicht vorhandenes öffentliches Verkehrsnetz, die Straßen waren überlastet sowie aufgrund der schwierigen topographischen Bedingungen und Platzverhältnisse nicht leicht ausbaufähig. Insofern waren die wichtigsten begünstigenden Faktoren das mangelhafte ÖV-Angebot, der Platzmangel am Boden sowie die Topographie. Die realisierten Seilbahnen sind hier meist reine öffentliche Verkehrsmittel und werden stark genutzt.

In europäischen Städten ist die Situation etwas anders: Das Grundangebot an öffentlichen Nahverkehrsmitteln ist gegeben. Neue Seilbahnen dienen daher weniger der Bereitstellung von elementarem ÖV-Angebot, sondern werden eher als Lückenschließer oder als Verbindung zu neuen wichtigen Infrastrukturen eingesetzt, zum Teil im Zusammenhang mit Großveranstaltungen. Meist spielt der Tourismus eine Rolle. Dennoch sind auch hier überlastete Straßen und topographische Hindernisse Faktoren, die den Einsatz von Luftseilbahnen begünstigen.

Auf Basis der Erkenntnisse aus den vorangegangenen Fallbeispielen und aus Gesprächen mit Experten, werden nun zusammenfassend jene Faktoren aufgelistet, die den Einsatz von Luftseilbahnen begünstigen. Auf der einen Seite sind dies "harte" strukturelle Standortfaktoren, auf der anderen Seite spielen aber auch politische und ökonomische Rahmenbedingungen eine Rolle.

Die strukturellen Faktoren sind meist quantifizierbar und auf einen konkreten Standort zu beziehen, während die politischen und ökonomischen Rahmenbedingungen oft qualitativ zu beschreiben sind und die gesamte Stadt betreffen.

Neben den in der Folge aufgelisteten begünstigenden Faktoren kann es noch zusätzliche indirekte Einflussgrößen wie etwa Großveranstaltungen geben.

4.1 Begünstigende strukturelle Standortfaktoren

Themenbereich	Faktor
Topographie	Höhenunterschiede
	Gewässer
	Infrastruktur mit Trennwirkung
Siedlungsstruktur	hoher Anteil an bebauter Grundfläche*
	Polyzentrische Struktur (potenzielle Quell- und Zielgebiete)
	Stadtwachstum**
Verkehrssystem	Lücken im ÖPNV-Netz**
	geringe Anzahl unterschiedlicher öffentlicher Verkehrsträger in Verwendung (1-2)***
	umständliche Straßenverbindung (Umweg)
	überlastetes Straßennetz

Tabelle 4-a: Begünstigende strukturelle Standortfaktoren für den Einsatz von urbanen Luftseilbahnen

- * Ein hoher Grad an bebauter Grundfläche, d. h. Platzmangel am Boden, ist ambivalent zu sehen, da dieser Faktor sowohl begünstigend als auch problematisch sein kann. So waren beispielsweise bei den beschriebenen Projekten in Südamerika dichte Siedlungsstrukturen ein Grund dafür, dass die Luftseilbahn gegenüber Straßen-Lösungen bevorzugt wurde. Grundsätzlich ist die Realisierung einer Seilbahn aber einfacher, wenn es entlang der Trasse keine dichte Bebauung gibt. Eine hohe Anzahl an Wohngebäuden unter der geplanten Trasse kann problematisch sein, wie die Ablehnung von manchen Seilbahnprojekten in europäischen Städten (z. B. in Brixen, Italien) gezeigt hat.
- ** Diese Faktoren begünstigen den ÖPNV-Ausbau insgesamt, also auch andere öffentliche Verkehrsmittel.
- *** Wenn es bereits mehrere verschiedene öffentliche Verkehrsträger im System gibt, wird die Einführung eines zusätzlichen oft als negativ angesehen, da z. B. das bestehende Personal umgeschult werden müsste.

Aufgrund der Analyse bestehender Anlagen kann festgestellt werden, dass Höhenunterschiede und Gewässer sowie die (meist damit zusammenhängenden) umständlichen Straßenverbindungen die wichtigsten begünstigenden strukturellen Standortfaktoren sind.

4.2 Begünstigende politische und ökonomische Rahmenbedingungen

Themenbereich	Faktor
Verkehrspolitik	mangelnde Kundenzufriedenheit ÖPNV**
	Bereitschaft für innovative Verkehrsträger
Städtische Wirtschaftslage	Wirtschaftswachstum**
	positives Innovationsklima
	finanzieller Spielraum (öffentliche Hand / PPP)**
Tourismus	hohe Gästezahlen

Tabelle 4-b: Begünstigende politische und ökonomische Rahmenbedingungen für den Einsatz von urbanen Luftseilbahnen

** Diese Faktoren begünstigen den ÖPNV-Ausbau insgesamt, also auch andere öffentliche Verkehrsmittel.

Eine besonders wichtige Rahmenbedingung scheint, zumindest in europäischen Städten, der Tourismus zu sein, der für zusätzliche Nutzer sorgt und dadurch die Rolle eines nachträglichen "Mitfinanzierers" der öffentlichen Seilbahn spielen kann. Letztendlich ist jedoch meist der politische Wille, der oftmals stark von der Zustimmung zum Projekt seitens der Bevölkerung abhängt, für die Projektrealisierung ausschlaggebend.

4.3 Zusätzliche indirekte Einflussgrößen

Manche Gegebenheiten haben besonderen Einfluss auf die genannten begünstigenden Faktoren, vor allem in Bezug auf die ÖV-Nachfrage.

- Eine gewisse Größe der Stadt (bezogen auf Einwohner und Beschäftigte) ist von Vorteil - aus dem einfachen Grund, dass es in größeren Städten mehr potenzielle Nutzer gibt. Auch der finanzielle Spielraum ist meist größer als in kleinen Gemeinden. Da die Stadtgröße jedoch kein direkter Einflussfaktor ist, wurde sie nicht in die vorangegangenen Tabellen aufgenommen. Nichtsdestotrotz kann dieser Faktor bei einer Vorauswahl bzw. großmaßstäblichen Standortsuche berücksichtigt werden (siehe Kapitel 6.1.1).
- Eine weitere indirekte Einflussgröße können Großveranstaltungen wie die Olympischen Spiele in London sein, und zwar aufgrund der zu erwartenden hohen Gästezahlen, der Schaffung von neuen wichtigen Quell- und Zielgebieten oder der erhöhten Verfügbarkeit von finanziellen Ressourcen. Bei Großveranstaltungen werden Seilbahnen oft als Zubringer eingesetzt; in einigen Fällen sind sie allerdings nur temporär im Einsatz und werden nach einer gewissen Zeit wieder abgebaut. Aufgrund der zeitlich sehr beschränkten (hohen) Nutzung wurde dieser Faktor in Tabelle 4-b nicht berücksichtigt.

5 GIS als Hilfsmittel in der Verkehrs- bzw. Seilbahnplanung

Nachdem die verschiedenen Seilbahnsysteme beschrieben und die begünstigenden Faktoren für urbane Luftseilbahnen ermittelt worden sind, geht es im folgenden Hauptteil der Diplomarbeit um die Planung von urbanen Seilbahnen, genauer gesagt um Möglichkeiten, Standorte auf ihre Eignung für Seilbahnen hin zu analysieren. Ein mögliches Werkzeug dafür sind Geographische Informationssysteme, deren Charakteristika nun in Grundzügen beschrieben werden.

5.1 Grundlegendes zu Geographischen Informationssystemen

Geographische Informationssysteme (GIS) sind EDV-Werkzeuge, mit deren Hilfe raumbezogene Daten - also Geodaten - erfasst, verwaltet, analysiert und (in Form von Karten) visualisiert werden können.⁴³

GIS haben ein sehr breites Anwendungsspektrum. Typische Anwendungsbereiche sind:

- Stadt-, Regional- oder Verkehrsplanung: z. B. Vergleich von Planungsalternativen, Ermittlung von Nutzungskonflikten
- Infrastrukturmanagement: z. B. Erfassung von Gebäuden sowie Ver- und Entsorgungseinrichtungen (zu Planungs- und Wartungszwecken)
- Katastrophenmanagement: z. B. Gefahrenzonenplanung

In Privatunternehmen werden GIS zudem oft in der Marketingplanung (Geomarketing), in der Standortplanung und im Risikomanagement (bei Versicherungen) eingesetzt.⁴⁴

Es gibt eine Vielzahl von GIS-Softwareprogrammen. Marktführer ist *ESRI* mit *ArcGIS*, daneben gibt es Open-Source-Programme wie *QuantumGIS* oder *GRASS GIS*. Neben diesen klassischen GIS können auch webbasierte Anwendungen wie *Google Maps* sowie regionenspezifische Geoportale wie *TIRIS* als Geoinformationssysteme bezeichnet werden.

5.1.1 Funktionsprinzip

Ein GIS ist im Normalfall als eine Art Schichtensystem aufgebaut: Die einzelnen räumlichen Informationen, z. B. ÖV-Haltestellen als Punkte, Straßen als Linien und Gebäude als Polygone, stellen unterschiedliche Schichten (Layer) dar. Diese Layer können vom Benutzer je nach Bedarf verknüpft, verschnitten und miteinander in Beziehung gesetzt werden.⁴⁵ Typische räumliche Analysen sind etwa die Bildung von Pufferzonen, die Zusammenlegung von Flächen oder die Verschneidung von Objekten.

⁴³ vgl. Kalasek, 2011

⁴⁴ vgl. Simon, 2013, S. 20 Technische Universität Braunschweig, 2009

⁴⁵ vgl. Hertel, 2006, S. 3; 10

Die Layer basieren entweder auf Vektor- oder auf Rasterdaten.

Vektordaten bestehen aus geometrischen Elementen: Eine Linie wird z. B. durch ihren Anfangs- und Endpunkt definiert. Sie werden in CAD-Systemen verwendet und sind im Vergleich zu Rasterdaten genauer: beim "Hinein-Zoomen" gehen keine Informationen verloren. Das gängigste Dateiformat sind Shapefiles (*.shp). Vektordaten können als Punkt-, Linien- oder Flächenelemente vorliegen:

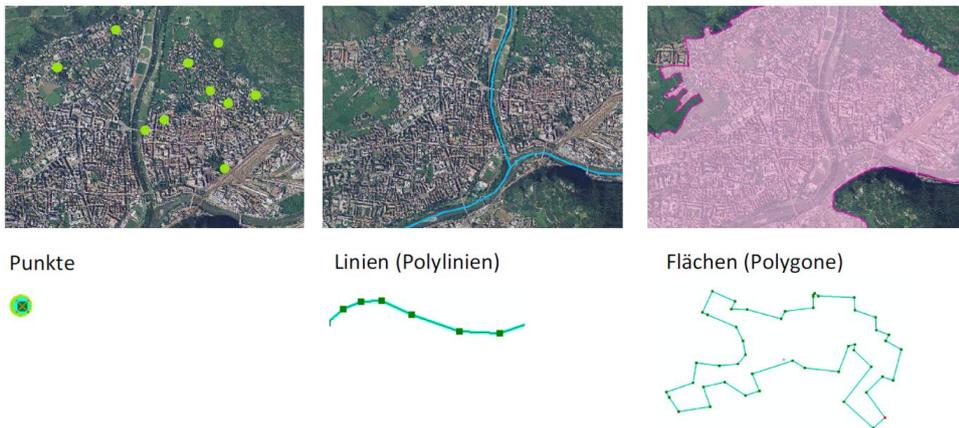


Abbildung 5-1: Vektordaten-Typen; eigene Darstellung

Bei den **Rasterdaten** werden räumliche Sachverhalte hingegen in Form von Pixeln gespeichert. Beim "Hinein-zoomen" werden die einzelnen Pixel sichtbar. Ein gängiges Beispiel sind Orthofotos. Rasterdaten liegen häufig als TIFF- JPEG- oder GIF-Dateien vor.



Abbildung 5-2: Rasterdaten; eigene Darstellung

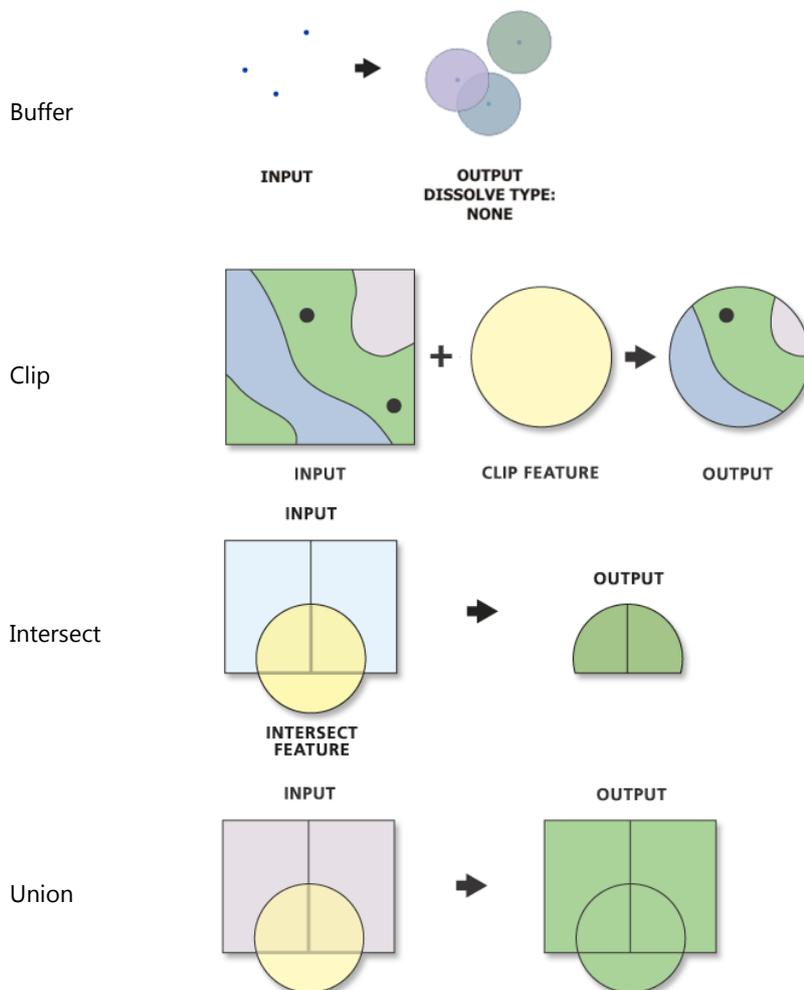
Ein Geodatensatz besteht immer aus der geographischen Positionsangabe und einer tabellarischen Information zum Objekt. Geodaten stellen räumliche Sachverhalte also nicht nur dar, sondern enthalten auch Informationen zu den Eigenschaften (Attributen) der einzelnen Objekte, die abgefragt werden können. Bei ÖV-Haltestellen könnten beispielsweise Informationen zu den Haltestellennamen, der Art der Haltestelle (Bus, Straßenbahn, U-Bahn etc.) oder der Anzahl der dort haltenden Buslinien vorliegen.

5.1.2 GIS-Analysetools: Beispiele aus ArcMap

Mit GIS-Programmen wie *ArcMap* lässt sich eine Vielzahl von Operationen durchführen. Beispielhaft werden nun einige kurz vorgestellt.

- Im Editier-Modus [*Edit Features*] können neue Objekten händisch erstellt und bestehende verändert werden.
- Im Menüpunkt *Selection* können einzelne Objekte eines Layers entweder anhand ihrer Eigenschaften [*Select By Attributes...*] oder anhand ihrer räumlichen Lage [*Select By Location...*] ausgewählt werden.
- Ein verwandtes Tool ist der *Spatial Join* (*Analysis Tools > Overlay > Spatial Join*), mit dem die Eigenschaften eines Objektes auf ein anderes übertragen werden, das in einem bestimmten räumlichen Verhältnis dazu steht (z. B. Überlappung).

Häufig verwendete räumliche Analysefunktionen sind:



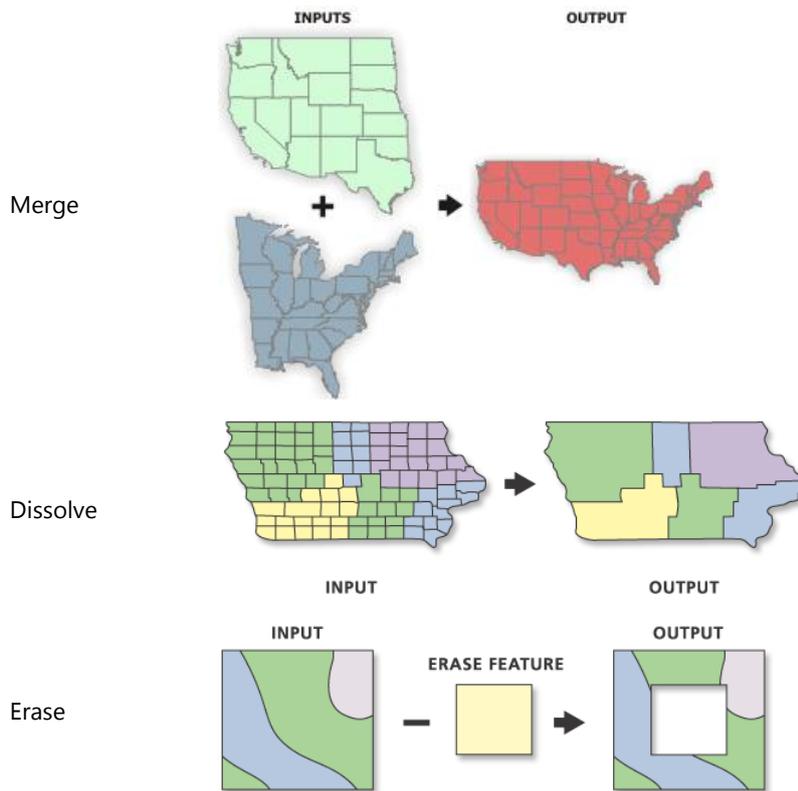


Abbildung 5-3: Schematische Darstellung der Funktionsweise von häufig verwendeten Analysetools. Quelle: Esri

Die meisten der Analysefunktionen aus Abbildung 5-3 sind im Menüpunkt *Geoprocessing* zu finden.

Wenn eine Kombination von gewissen Operationen immer wieder durchgeführt werden soll, kann dies mit dem *Model Builder* (*Geoprocessing* > *ModelBuilder*) automatisiert werden. Allerdings sind dazu immer dieselben Datenstrukturen notwendig.

Für manche speziellen Analysefunktionen sind in *ArcMap* Erweiterungsmodule ("extensions") nötig:

- Das Erweiterungsmodul *ArcGIS 3D Analyst* muss aktiviert werden, um mit dem Werkzeug *Stack Profile* Höhenprofile darstellen zu können.
- Für bestimmte räumliche Analysen braucht es das Erweiterungsmodul *Spatial Analyst*, z. B. wenn mit dem Tool *Zonal Statistics as Table* Raster- und Vektordaten aufeinander bezogen werden sollen.
- Ein weiteres hilfreiches Erweiterungsmodul für verkehrsplanerische Fragestellungen kann *Network Analyst* sein, mit dem unter anderem Einzugsbereiche anhand der Entfernungen im Verkehrsnetz dargestellt werden können [*Make Service Area Layer*].

5.2 Verwendung von GIS in der Verkehrsplanung

Geodaten sind in der Verkehrsplanung eine wesentliche komplementäre Informationsquelle; ein klassischer Anwendungsbereich ist die Inventarisierung von Verkehrsinfrastruktur.⁴⁶

Ein GIS ist weit mehr als nur ein Werkzeug, um Karten zu erstellen. Durch die Kombination von verschiedenen thematischen Schichten bietet es die Möglichkeit einer echten Querschnittsbetrachtung, was vor allem in der Planung von Bedeutung ist. Auf diese Weise kann etwa untersucht werden, welche geomorphologischen und stadtstrukturellen Voraussetzungen auf einer geplanten Verkehrsstrasse gegeben sind.

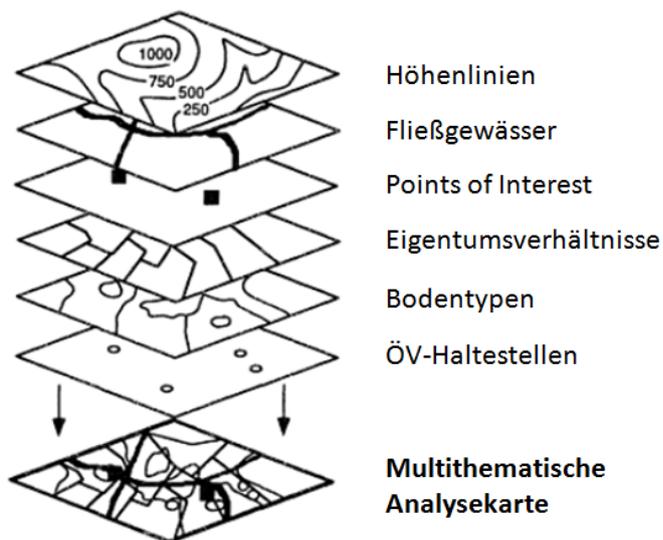


Abbildung 5-4: Schematische Darstellung einer Querschnittsanalyse mit GIS. Quelle: Laurini & Thompson, 1992, S. 7; eigene Bearbeitung

GIS kann außerdem dazu verwendet werden, bei konkreten Planungen die bestehende Infrastruktur bzw. das Angebot und die Nachfrage im Untersuchungsgebiet zu analysieren. Damit können Defizite im Verkehrssystem aufgezeigt werden, z. B. Gebiete, die nicht in die Einzugsbereiche von ÖPNV-Haltestellen fallen.⁴⁷

Die Anwendbarkeit von klassischen GIS-Programmen in der Verkehrsplanung hat ihre Grenzen. Eine ungefähre Abschätzung von Nachfragepotenzialen ist mit GIS zwar möglich, für genauere Nachfrageberechnungen werden in der Praxis jedoch Verkehrsmodelle verwendet. Nicht möglich ist es mit GIS, die Verkehrserzeugung oder Verkehrsumlegung (also die Berechnung der Verkehrsströme auf die einzelnen Verkehrsmittel) zu simulieren; auch Erreichbarkeiten können mit anderen Programmen besser berechnet werden.⁴⁸ Für Fragestellungen wie diese werden ebenfalls Simulationsprogramme verwendet (z. B. *VISUM*), die mit Verkehrsmodellen arbeiten (siehe Kapitel 6.4).

⁴⁶ vgl. Weichselbaum, 2015

⁴⁷ vgl. Hertel, 2006, S. 4-5

⁴⁸ vgl. Hertel, 2006, S. 5

Die Ergebnisse aus externen Berechnungen wie der genannten Verkehrsmodellierung können jedoch in ein GIS importiert werden, wo sie mit weiteren Daten verschnitten und visualisiert werden können.⁴⁹ Dies ermöglicht etwa die Darstellung von Erreichbarkeiten und die Gegenüberstellung verschiedener Trassenvarianten.

Klassische GIS-Software dient in der Verkehrsplanung demnach als grobes Analysewerkzeug. Der Schwerpunkt liegt auf der Datenaufbereitung und -darstellung. In Zukunft könnte GIS nach Ansicht von Experten auch für die Effizienzsteigerung von Planungen und in der laufenden betrieblichen Verwaltung eine größere Rolle spielen. Insofern ist das Potenzial von Geodaten in der Verkehrsplanung momentan noch nicht ausgeschöpft.⁵⁰

Fragestellungen bei der Planung von urbanen Seilbahnen, für die klassische GIS-Software eingesetzt werden kann, betreffen zum einen die potenzielle Nachfrage, zum anderen die Machbarkeit. Während GIS für die Nachfrageberechnung, wie bereits erwähnt, nur als grobes Werkzeug dient, ist es für die Abschätzung der technischen Machbarkeit ein durchaus geeignetes Instrument.

⁴⁹ vgl. Hertel, 2006, S. 5

⁵⁰ vgl. Weichselbaum, 2015

5.3 Standortanalyse mit GIS

Die Standortanalyse ist ein unverzichtbarer Bestandteil bei Standortentscheidungen aller Art:

“A well-executed site analysis forms the essential foundation for a cost-effective, environmentally sensitive, and rational approach to project development.”⁵¹

Der Begriff Standortanalyse wird häufig im Zusammenhang mit Standortentscheidungen von Unternehmen verwendet, z. B. bei der Suche nach dem Standort einer neuen Filiale. In der Literatur werden unter Standortanalyse meist alle Studien verstanden, die die räumlichen Rahmenbedingungen von unternehmerischen Aktivitäten zum Inhalt haben.⁵²

In der vorliegenden Arbeit geht es um eine Standortanalyse im weiteren Sinne, nämlich in Bezug auf potenzielle Standorte für urbane Seilbahnen. Das Prinzip ist jedoch immer dasselbe: Man untersucht Standorte anhand definierter Kriterien auf ihre Eignung für ein bestimmtes Vorhaben. Die gewünschten Standortfaktoren sind dabei von der Art des Vorhabens abhängig; im Falle von urbanen Seilbahnen sind dies die in Kapitel 4 beschriebenen begünstigenden Faktoren. Die einzelnen Faktoren werden meist unterschiedlich gewichtet; zudem können Ausschlusskriterien definiert werden.

Bei Standortanalysen wird i. d. R. stufenweise vorgegangen, so wie es auch im Konzept zur Standortanalyse für urbane Seilbahnen (Kapitel 6) vorgeschlagen wird. Der typische Ablauf einer Standortanalyse sieht folgendermaßen aus:⁵³

1. Definition der Standortanforderungen
2. Reihung der Standortfaktoren hinsichtlich ihrer Bedeutung (eventuell Gewichtung oder Punktbewertung der einzelnen Faktoren)
3. Definition des Untersuchungsgebiets bzw. der zu untersuchenden Standortalternativen
4. Beurteilung der Standortalternativen hinsichtlich ihrer Standortfaktoren
5. Vergleich der Standortanforderungen mit den Standortbedingungen ausgesuchter möglicher Standorte

Im Bereich der Standortanalyse wird oft auf Geographische Informationssysteme zurückgegriffen. Ein verbreiteter Analyseansatz ist hierbei das Geomarketing, das als “Einsatz und Analyse von raumbezogenen Daten zur Erstellung von Entscheidungsgrundlagen für das Marketing und Management”⁵⁴ beschrieben werden kann. Dabei werden beispielsweise potenzielle Standorte anhand realer Kennzahlen wie Bevölkerung, Anzahl der Haushalte, Akademikeranteil oder Einkommen untersucht. Umgelegt auf den Bereich der

⁵¹ Zimmerman, 2000, S. 529

⁵² vgl. Ottmann & Lifka, 2010, S. 4

⁵³ vgl. Contor GmbH

⁵⁴ Czeranka, 2000, S. 3-4

Verkehrsplanung, könnten auch andere Kennzahlen wie der Modal Split, die Autoverfügbarkeit, das Pendler-saldo oder die Stauquote berücksichtigt werden.

Gängige Methoden der GIS-gestützten Standortanalyse⁵⁵

- **Einzugsgebietsanalyse:** Abgrenzung und Untersuchung des Einzugsgebietes von Einrichtungen verschiedener Art (Verkehrsinfrastruktur, Einzelhandelseinrichtungen, Schulen etc.) anhand bestimmter Kriterien wie z. B. Verkehrsanbindung, vorhandene Infrastruktur, soziodemographische Daten.
- **Distanzmatrix:** Tabellarische Darstellung aller Entfernungen zwischen den untersuchten Standorten bzw. räumlichen Objekten, z. B. zwischen Wohn- und Angebotsorten.
- **Erreichbarkeitsanalyse:** Untersuchung der Erreichbarkeit eines Standortes (z. B. mit dem ÖPNV oder MIV) durch die Berechnung von Erreichbarkeitsindikatoren wie der Reisezeit zu zentralen Orten.
- **Nutzwertanalyse:** Analyse von Standorten mittels Punktebewertung der einzelnen, unterschiedlich gewichteten Standortfaktoren.
- **Gravitationsmodelle:** Verfahren zur realistischen Definition von Einzugsgebieten und zur Abschätzung von Umsatzpotenzialen eines Standortes. In Anlehnung an Newtons Gravitationsgesetz ist dabei die Intensität der räumlichen Interaktionen zwischen zwei Raumeinheiten von ihrer Größe und ihrer Entfernung zueinander abhängig.
- **Location-Allocation-Methode:** Modell der Standortsuche für bestimmte Einrichtungen mit dem Ziel, die Transportkosten und -wege zu optimieren.

Die vorliegende Arbeit enthält Ansätze der Einzugsgebietsanalyse, der Erreichbarkeitsanalyse sowie der Nutzwertanalyse.

⁵⁵ vgl. WiGeoGIS; Hansmann, 2006, S. 109; Zimmerman, 2000; GfK GeoMarketing GmbH, 2015

6 Konzept einer GIS-unterstützten Standortanalyse für urbane Seilbahnen

Aufbauend auf den Erkenntnissen aus den bisherigen Kapiteln wurde eine schematische Vorgangsweise entworfen, mit der die Eignung eines Standortes (bzw. einer Stadt) für Luftseilbahnen analysiert werden soll. Die Untersuchung bedarf verschiedener Instrumente und einer Kombination aus qualitativen und quantitativen Methoden. Ein wichtiges - wenn auch bisher wenig eingesetztes - Analysewerkzeug kann dabei GIS-Software sein.

Im vorliegenden Kapitel wird dargelegt, für welche Fragestellungen der Einsatz von GIS bei der Planung von urbanen Seilbahnen sinnvoll sein kann und wie die Analysen - beispielhaft unter der Verwendung von *ArcMap* - durchgeführt werden können.

Die vorgeschlagene Untersuchungsstrategie ist dreistufig:

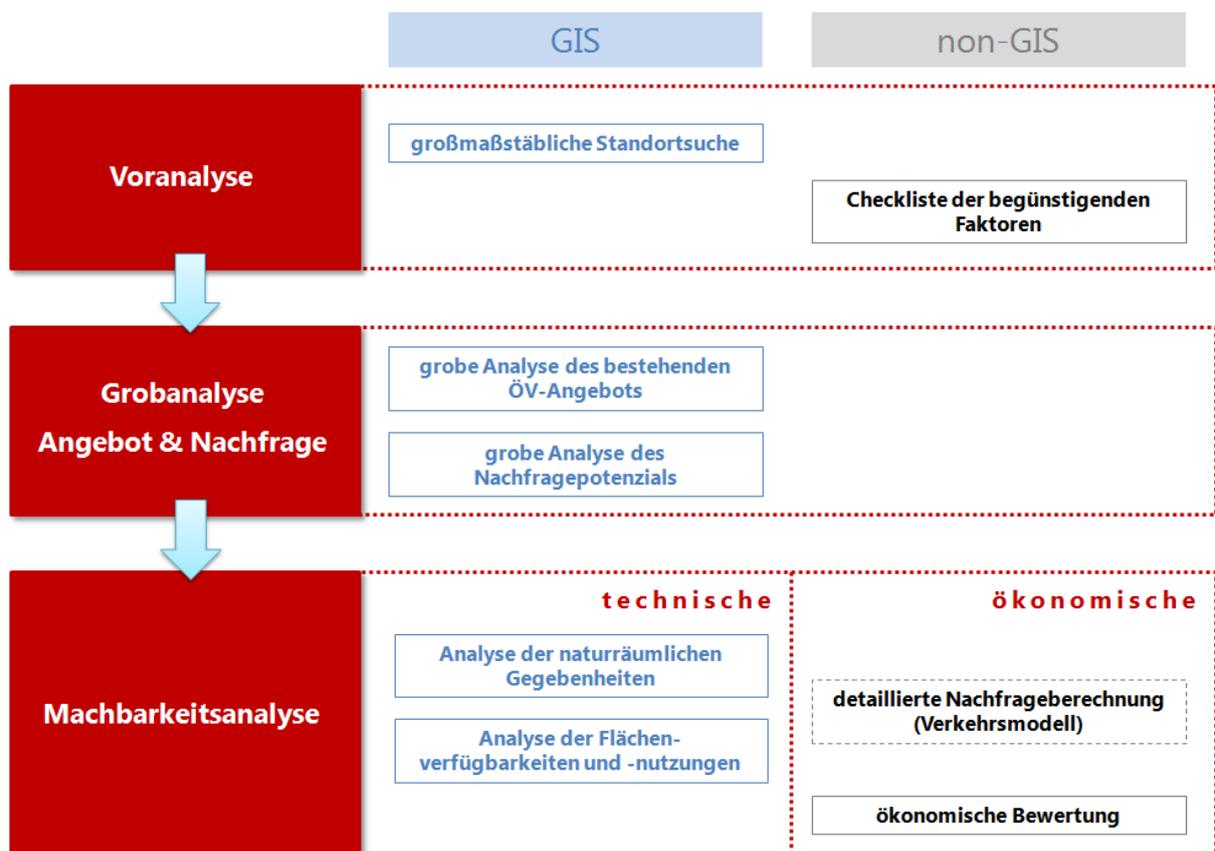


Abbildung 6-1: Konzept einer GIS-unterstützten Standortanalyse für urbane Luftseilbahnen; eigene Darstellung

Die drei Analyseblöcke können anhand ihrer zugrunde liegenden Fragestellung folgendermaßen beschrieben werden:

- Voranalyse: (Wo) sind die Grundvoraussetzungen gegeben?
- Grobanalyse von Angebot und Nachfrage: Gibt es Bedarf an einer Seilbahnverbindung?
- Machbarkeitsanalyse: (Wie) kann die Seilbahnverbindung realisiert werden?

Mit GIS lassen sich einige Aspekte der technischen Eignung von Standorten für Luftseilbahnen bewerten. Die Wahrscheinlichkeit der Realisierung hängt allerdings nur zu einem Teil davon ab: Auch wenn sich ein Standort aus technischer und verkehrsplanerischer Sicht gut für eine Seilbahn eignet, bedeutet das noch lange nicht, dass eine Anlage auch realisiert wird. Die politischen und ökonomischen Rahmenbedingungen sowie die wirtschaftliche Machbarkeit sind schlussendlich meist die entscheidenden Faktoren. Da GIS zur Analyse dieser Faktoren nicht ausreicht, werden unter dem Punkt "non-GIS" (siehe Abbildung 6-1) ergänzende Analysemöglichkeiten beschrieben.

Die drei Abschnitte des Analysekonzepts haben einen unterschiedlichen Detaillierungsgrad; das Untersuchungsgebiet wird immer kleiner:

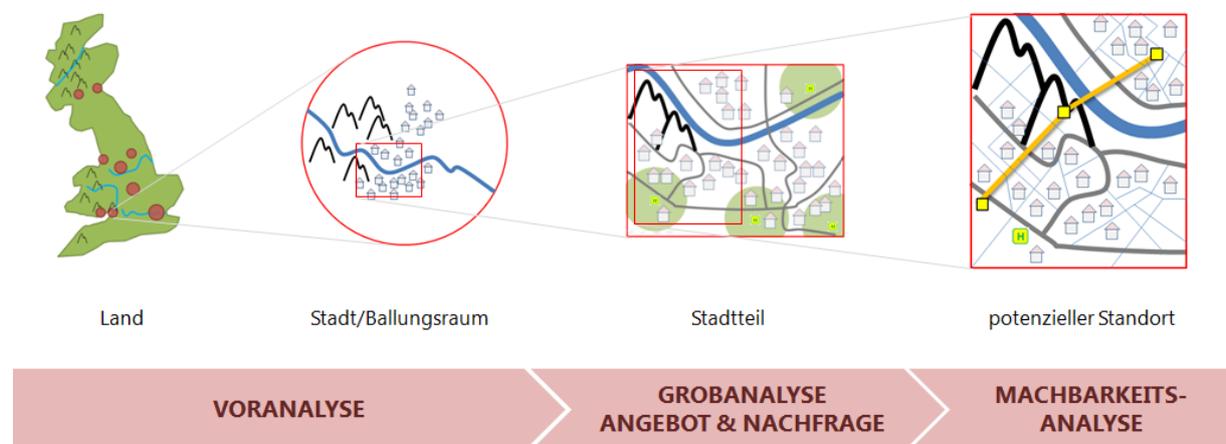


Abbildung 6-2: Schematische Darstellung der Maßstabsebene der Analyseschritte; eigene Darstellung

- In der **Voranalyse** werden grundsätzlich geeignete Städte großmaßstäblich mit GIS gesucht, und zwar anhand der Faktoren Höhenunterschiede, Gewässer, dichte Siedlungsstruktur sowie Einwohnerzahl. Zudem wird qualitativ untersucht, welche weiteren begünstigenden Faktoren für Seilbahnen vorliegen, um auch die nicht mit GIS messbaren Rahmenbedingungen (s. Tabelle 4-b) zu berücksichtigen. Falls viele Städte untersucht werden sollen, kann dieser Schritt eine Vorauswahl darstellen.
- In der **Grobanalyse von Angebot und Nachfrage** wird mit Hilfe von GIS grob untersucht, welches Angebot an öffentlichen Verkehrsmitteln es am Standort gibt, welche Lücken das ÖPNV-Netz aufweist und welches Nachfragepotenzial eine neue Seilbahnverbindung abdecken könnte.
- In der **Machbarkeitsanalyse** geht es schlussendlich um die technische und ökonomische Machbarkeit einer potenziellen Seilbahntrasse am untersuchten Standort. Auch hier werden die GIS-Analysen durch non-GIS-Analysen ergänzt: Nach der Analyse der Flächenverfügbarkeiten und naturräumlichen Gegebenheiten mit GIS wird abschließend die ökonomische Machbarkeit untersucht, inklusive etwaiger detaillierterer Nachfrageberechnungen.

Die geschilderten Analyseschritte können sich in der Praxis überschneiden und zum Teil wiederholen, insofern stellt diese Untersuchungsstrategie lediglich die schematische Abbildung einer möglichen Untersuchung dar.

GIS-Datenverfügbarkeit

Voraussetzung für die beschriebenen GIS-Analysen ist die Datenverfügbarkeit; d. h. es geht um die Nutzung bestehender Daten. Eigenerhebungen sind ergänzend dazu möglich, jedoch meist mit hohem Aufwand verbunden.

Je nach Untersuchungsgebiet können die Datenverfügbarkeiten unterschiedlich sein. Während beispielsweise manche Standarddaten (Gesamtbevölkerung, Gebäude, Straßennetz etc.) für jede Stadt vorliegen sollten, sind speziellere Daten nicht immer vorhanden.

In manchen Fällen wird es notwendig sein, sich die Informationen selbst zusammenstellen. Wenn es zum Beispiel darum geht, Wohngebäude zu identifizieren und diese nicht bereits als Datensatz vorliegen, kann die Gebäudenutzungsart aus Quellen wie dem Flächenwidmungsplan abgeleitet werden.

Die Fallstudie in Kapitel 7 behandelt britische Städte; daher wird in Tabelle 6-d (siehe Kap. 6.5.2) ein Überblick über die Verfügbarkeit der für die Analysen nötigen Daten in Großbritannien inklusive möglicher Datenanbieter gegeben.

6.1 Voranalyse

In der Voranalyse wird festgestellt, welche begünstigenden Faktoren für urbane Seilbahnen (aus Kapitel 4) im Untersuchungsgebiet vorliegen. Hier geht es um eine vorwiegend qualitative Ersteinschätzung, die durch einfache GIS-Analysen unterstützt wird. Auf dieser Ebene werden nicht nur die strukturellen Standortfaktoren, sondern auch die politischen und ökonomischen Rahmenbedingungen berücksichtigt.

Das Untersuchungsgebiet kann ein konkreter Standort, eine Stadt oder auch eine Vielzahl von Städten sein. Wenn mehrere Städte bzw. Standorte untersucht werden sollen, geht es um folgende Fragestellung:

→ Welche Städte bringen gute Grundvoraussetzungen für den Einsatz von Seilbahnen mit?

Wird eine konkrete Stadt untersucht, könnte die Fragestellung lauten:

→ Ist eine Seilbahn in der Stadt X grundsätzlich sinnvoll?

Die Voranalyse kann daher auf zwei Ebenen erfolgen: Zum einen durch eine großmaßstäbliche Standortsuche mittels einfacher GIS-Analysen, zum anderen durch eine qualitative Einschätzung der begünstigenden Faktoren.

6.1.1 Großmaßstäbliche Standortsuche mit GIS

GIS kann bereits in dieser Untersuchungsstufe im Rahmen einer Vorauswahl eingesetzt werden; nämlich wenn es darum geht, in einem großen Gebiet (z. B. einem Land) potenziell geeignete Städte für Seilbahnen zu finden.

Mittels GIS-Analysen können jene Städte kartographisch "herausgefiltert" werden, die bestimmten relativ einfach messbaren Kriterien entsprechen. Es bieten sich die begünstigenden Faktoren Höhenunterschiede, Gewässer und dichte Siedlungsstruktur (vereinfachend mit hoher Bevölkerungsdichte gleichgestellt) an. Ergänzend dazu erscheint es zweckmäßig, eine Einwohner-Mindestgröße der Städte zu definieren.

Benötigte Layer:

- ✓ Digitales Geländemodell
- ✓ Flüsse (Hauptströme), Meer
- ✓ Bevölkerungsdichte
- ✓ Administrative Grenzen / Gemeindegrenzen inkl. Einwohnerangabe

Beispielhafte Vorgangsweise in ArcMap:

1. Auswahl von Gemeinden, die einen größeren Fluss (Hauptstrom) enthalten [*Select By Location...*] → Anlegen einer neuen Spalten in der Attributtabelle: größerer Fluss.
2. Berechnung der Bevölkerungsdichte für jede Gemeinde: Bevölkerungsdichte-Raster mit Gemeinden-Shapefile verschneiden [Erweiterung *Spatial Analyst* installieren; dann *Spatial Analyst Tools* > *Zonal* > *Zonal Statistics as Table*], entweder Maximalwert oder Mittelwert anzeigen. → neue Spalte: Bevölkerungsdichte
3. Verschneiden der ausgewählten Gemeinden mit dem Digitalen Geländemodell und Ermittlung der Höhenunterschiede [wiederum *Zonal Statistics as Table*]. Entweder Variationsbreite oder Maximalwert anzeigen → neue Spalte: Höhendifferenz.
4. Auswahl von Gemeinden mit einer Einwohnerzahl über x [*Select By Attributes...*] und Exportieren der Auswahl in einen neuen Layer.

Die Attributtabelle der ausgewählten Gemeinden könnte nach dieser Analyse folgendermaßen aussehen:

ID	Gemeinde	Einwohner	grFluss	BevDichte_max	HoeheDiff
1	Gemeindenname1	230000	ja	9456	450
2	Gemeindenname2	198000	ja	2687	130

Tabelle 6-a: Beispielhafte Datenstruktur der Attributtabelle zur großmaßstäblichen Standortsuche; eigene Darstellung

Auch für die Bevölkerungsdichte und die Höhendifferenz können Mindestwerte definiert werden. Abschließend können die Ergebnisse je nach Bedarf visualisiert werden: z. B. Darstellung jener Gemeinden, die alle Kriterien erfüllen oder jener Gemeinden, die nur bestimmte Kriterien erfüllen; Darstellung der Gemeinden nach Höhendifferenz oder Dichte.

Die beschriebene großmaßstäbliche Standortsuche stellt eine erste kartographische Ermittlung und Visualisierung jener Städte dar, die sehr grundlegende begünstigende Standortfaktoren aufweisen. Wie bereits erwähnt, bietet sie sich als Werkzeug zur Vorauswahl an, wenn der Untersuchungsraum sehr groß ist.

6.1.2 Checkliste der begünstigenden Faktoren

Um eine thematisch breitere Ersteinschätzung der untersuchten Städte zu gewährleisten, wird ergänzend zur GIS-Analyse qualitativ geprüft, welche begünstigenden Faktoren für urbane Seilbahnen im Untersuchungsgebiet vorliegen. Dazu wurde Tabelle 4-b in Excel zu einer interaktiven "Checkliste" weiterentwickelt:

Strukturelle Standortfaktoren					
Themenbereich	Faktor	Gewichtung	vorhanden?	Punkte	k. A.
Topographie	Höhenunterschiede	5	ja	5	0
	Gewässer	4	ja	4	0
	Infrastruktur mit Trennwirkung	3	nein	0	0
Siedlungsstruktur	hoher Anteil an bebauter Grundfläche*	2	[keine Angabe]	0	2
	Polyzentrische Struktur (potentielle Quell- und Zielgebiete)	3	ja nein [keine Angabe]	3	0
	Stadtwachstum**	2	nein	0	0
Verkehrssystem	Lücken im ÖPNV-Netz**	3	ja	3	0
	geringe Anzahl unterschiedlicher öffentlicher Verkehrsträger in Verwendung (1-2)	1	[keine Angabe]	0	1
	umständliche Straßenverbindung (Umweg)	4	ja	4	0
	überlastetes Straßennetz	3	ja	3	0
		30		22	3
				73%	
Politische und ökonomische Rahmenbedingungen					
Themenbereich	Faktor	Gewichtung	vorhanden?	Punkte	k. A.
Verkehrspolitik	mangelnde Kundenzufriedenheit ÖPNV**	1	[keine Angabe]	0	1
	Bereitschaft für innovative Verkehrsträger	2	ja	2	0
Städtische Wirtschaftslage	Wirtschaftswachstum**	2	ja	2	0
	positives Innovationsklima	2	ja	2	0
	finanzieller Spielraum (öffentliche Hand / PPP)**	3	[keine Angabe]	0	3
Tourismus	hohe Gästezahlen	4	ja	4	0
		14		10	4
				71%	
* kann auch Nachteil sein					
** begünstigt ÖPNV-Ausbau insgesamt					
			Ergebnis:	32	
			Eignung:	86%	
			Einschätzung:	sehr gute Voraussetzungen	
			Aussagekraft:	84%	

Abbildung 6-3: Ersteinschätzung mittels Checkliste der begünstigenden Faktoren (Excel-Screenshot); eigene Darstellung

In einem Drop-Down-Menü kann ausgewählt werden, ob der begünstigende Faktor vorhanden ist, nicht vorhanden ist oder dass keine Angabe möglich ist.

Die einzelnen Faktoren wurden - auf Basis der Erkenntnisse aus den Fallbeispielen in Kapitel 3 - mit 1 (geringe Bedeutung) bis 5 (hohe Bedeutung) gewichtet. Die Faktoren "Höhenunterschiede", "Gewässer", "umständliche Straßenverbindung (Umweg)" sowie "hohe Gästezahlen" wurden mit 4 bis 5 Punkten am höchsten

gewichtet. In Summe wurden die strukturellen Standortfaktoren mit 30 Punkten, die politischen und ökonomischen Rahmenbedingungen mit 14 Punkten gewichtet.

Die Gewichtungspunkte der vorhandenen Faktoren werden summiert, um eine Ersteinschätzung zu erlangen, ob die untersuchte Stadt bzw. der Standort gute Voraussetzungen für den Einsatz von Seilbahnen aufweist. Prozentuell ausgedrückt lauten die möglichen Ergebnisse:

- über 80 % der gewichteten begünstigenden Faktoren vorhanden: sehr gute Voraussetzungen
- 60 % bis 80 %: gute Voraussetzungen
- 40 % bis 60 %: mäßige Voraussetzungen
- unter 40 %: schlechte Voraussetzungen

Die Aussagekraft sinkt, wenn zu manchen Faktoren keine Angaben gemacht werden. Sie wird als Prozentzahl angegeben und beschreibt den Anteil der (gewichteten) Faktoren, für die Angaben gemacht wurden.

Da die Tabelle lediglich als erste Orientierungshilfe dienen soll, ist die Checkliste nur mit "ja" oder "nein" zu beantworten. Falls kein lokales Wissen vorhanden ist, gibt es verschiedene Methoden, um die begünstigenden Faktoren zu untersuchen. Für die Faktoren "Höhenunterschiede" und "Gewässer" können die Ergebnisse der großmaßstäblichen Standortsuche verwendet werden. Für die restlichen Faktoren sind die Analyse von Online-Kartenmaterial, die Auswertung von statistischen Daten, die Medienanalyse, Expertenbefragungen sowie die Analyse von Stadtentwicklungsplänen mögliche Methoden.

Der Aufwand sollte sich jedoch in Grenzen halten, da es lediglich um eine erste Einschätzung geht. Zur Bewertung des Faktors "umständliche Straßenverbindung" kann beispielsweise die Luftlinienentfernung ganz einfach in *Google Maps* mit der Länge der Straßenverbindung verglichen werden. Auf dieselbe Weise kann die Fahrzeit des MIV und des bestehenden ÖV mit jener einer Seilbahn verglichen werden. Alternativ sind diese Analysen auch mit GIS möglich.

6.2 Grobanalyse von Angebot und Nachfrage

Ergibt die Voranalyse, dass der Standort (bzw. die Standorte) mehrere begünstigende Faktoren für den Einsatz von Luftseilbahnen aufweist, kann zur Grobanalyse von Angebot und Nachfrage übergegangen werden. Nachdem die politischen und ökonomischen Rahmenbedingungen bereits in der Voranalyse berücksichtigt wurden, stehen in der weiteren Untersuchung die - zum Teil mit GIS messbaren - "harten" Standortfaktoren im Mittelpunkt.

Bevor mit der detaillierten Planung begonnen werden kann, muss zuerst festgestellt werden, ob überhaupt Bedarf an einer neuen Verkehrsverbindung, in diesem Fall einer Luftseilbahn, besteht.

Dazu wird in einem ersten Schritt das bestehende ÖV-Angebot im Untersuchungsgebiet untersucht. Die Fragestellung lautet:

- ➔ Wo gibt es Defizite im bestehenden ÖPNV-Netz, zum Beispiel nicht erschlossene Siedlungsgebiete?

Das Untersuchungsgebiet kann die gesamte Stadt sein oder auch nur ein Teil davon, der mehrere begünstigende Faktoren für Luftseilbahnen aufweist. Wenn dort Lücken im bestehenden ÖV-Angebot vorhanden sind und die grundsätzliche Eignung für Luftseilbahnen gegeben scheint, kann eine grobe Trassenplanung vorgenommen werden.

Sobald die Trasse (oder mehrere Trassenvarianten) inklusive der Seilbahnstationen grob verortet wurde, kann eine erste Abschätzung der potenziellen Nachfrage nach einer neuen Seilbahnverbindung getroffen werden. Die diesbezüglichen Fragestellungen lauten:

- ➔ Wie viele Einwohner leben im Einzugsbereich der potenziellen Seilbahnstationen?
- ➔ Wie viele Beschäftigte arbeiten im Einzugsbereich der potenziellen Seilbahnstationen?
- ➔ Welche nachfragerlevanten Strukturen (nachfragerrelevante "Points of Interest") gibt es im Einzugsbereich der potenziellen Seilbahnstationen?

Wenn die untersuchte Trasse genügend Nachfragepotenzial aufweist, kann nochmals auf das bestehende ÖV-Angebot geblickt werden, indem die Einbindung der geplanten Trasse in das vorhandene ÖV-Netz untersucht wird:

- ➔ Wo gibt es Anschlussmöglichkeiten einer potenziellen Seilbahn an das bestehende ÖPNV-Netz?

In dieser groben GIS-Analyse wird nur die Entfernung zur nächsten Haltestelle bzw. Seilbahnstation berücksichtigt; weitere Einflussgrößen wie z. B. die Bedienungsintervalle oder die Präferenzen der ÖV-Nutzer werden ausgeklammert.

Wie bereits in Kapitel 5.2 erwähnt, sind mit GIS lediglich grobe Nachfrageanalysen möglich. Werden genauere Prognosen benötigt, kann in einem späteren Schritt (im Rahmen der Machbarkeitsanalyse) eine detaillierte Nachfrageberechnung mit Verkehrsmodellen erfolgen. Dazu muss auf spezialisierte Verkehrsplanungssoftware zurückgegriffen werden. Diese Analyseverfahren wird im Kapitel 6.4 beschrieben.

Einzugsbereiche von ÖPNV-Haltestellen

Die Einzugsbereiche von ÖPNV-Haltestellen werden je nach Art der Verkehrsmittel in Anlehnung an die Methodik der *Public Transport Accessibility Levels*⁵⁶ in London definiert. Dort wird die maximale "walk distance" für Bushaltestellen mit 640 Metern (entspricht ca. 8 min Gehzeit) und für U-Bahn-, Light Rail- und Lokalzug-Haltestellen mit 960 Metern (ca. 12 min Gehzeit) angegeben. Will man Straßenbahn-Haltestellen dazunehmen, kann man - entsprechend der Beförderungsleistung - dafür eine maximale Gehweite von 800 Metern (ca. 10 min Gehzeit) definieren.

Wenn man statt der hier verwendeten Gehweite, die sich auf das Wegenetz bezieht, der Einfachheit halber Luftdistanzen verwenden will, müssen die Entfernungen verkürzt werden. In der Literatur ist für Fußgänger ein Umwegfaktor von 1,2 gebräuchlich.⁵⁷

Das ergibt im Umkehrschluss folgende maximale Luftdistanzen zur Haltestelle: Bus 533,33 Meter; U-Bahn, Light Rail und Lokalzüge 800 Meter; Straßenbahn 666,67 Meter.

Für eine urbane Umlaufbahn mit einer Förderleistung von 2.500 - 3.000 Personen pro Stunde und Richtung kann man unter Berücksichtigung der Förderleistungen aller Verkehrsmittel (vgl. Kapitel 2.1) einen Einzugsradius von 600 Metern definieren. Das entspricht einer maximalen Gehweite von rund 720 Metern bzw. 9 Minuten Gehzeit. Je nach Förderleistung der Seilbahn kann der Einzugsbereich jedoch angepasst werden.

Die verwendbaren Einzugsbereiche sind, gerundet, folgende:

Art der Haltestelle	Max. Entfernung Gehweite	Max. Entfernung Luftlinie	Maximale Gehzeit
Bus	640 m	530 m	8 min
Luftseilbahn (im Umlaufbetrieb)	720 m	600 m	9 min
Straßenbahn	800 m	670 m	10 min
U-Bahn, S-Bahn und Ähnliches	960 m	800 m	12 min

Tabelle 6-b: Einzugsbereiche von ÖPNV-Haltestellen; eigene Berechnung nach Transport for London, 2010 und Kleine, 2001

⁵⁶ vgl. Transport for London, 2010

⁵⁷ vgl. Kleine, 2001, S. 28

Zur Verfeinerung der Ergebnisse können die Einzugsgebiete in mehrere Entfernungsklassen unterteilt werden. Eine dreiteilige Klassifizierung sähe in Anlehnung an Jermann⁵⁸ folgendermaßen aus:

- 0 - 25 % der maximalen Entfernung → 80 % Erschließung
- 25 - 50 % der maximalen Entfernung → 50 % Erschließung
- 50 - 100 % der maximalen Entfernung → 25 % Erschließung

Als potenzielle Nutzer einer Seilbahnstation gelten demnach bei Verwendung von Luftlinien-Einzugsbereichen:

- 80 % der Einwohner und Beschäftigten im Umkreis von 150 Metern um die Station
- 50 % der Einwohner und Beschäftigten in über 150 bis 300 Metern Entfernung zur Station
- 25 % der Einwohner und Beschäftigten in über 300 bis 600 Metern Entfernung zur Station

Mit dieser Definition und Ausdifferenzierung der Einzugsbereiche können in GIS einfache Angebots- und Nachfrageanalysen durchgeführt werden. In den folgenden beiden Kapiteln wird darauf eingegangen, wie solche Analysen aussehen können.

Points of Interest

Als "Points of Interest" können sehr unterschiedliche Strukturen bezeichnet werden. Für die GIS-Analyse interessant sind jene Points of Interest, die erhebliche ÖV-Nachfrage generieren, vor allem, wenn es sich um kontinuierliche Besucherflüsse handelt.

Nachfrage generierende Points of Interest sind insbesondere:

- Bildungseinrichtungen (v. a. Universitäten, Schulen)
- Krankenhäuser
- Verwaltungseinrichtungen mit Kundenverkehr
- Freizeiteinrichtungen und Naherholungszonen
- Sehenswürdigkeiten aller Art
- großflächige Einzelhandelsstrukturen.⁵⁹

Aussagen über die Höhe der generierten ÖV-Nachfrage (Personenwege) je nach Art der Points of Interest sind schwierig. In Großbritannien enthält die Datenbank *TRICS (Trip Rate Information Computer System)* für eine Vielzahl von Einrichtungen aller Art (110 Kategorien) Daten über die durchschnittlich generierten Wege (Ortsveränderungen). Allerdings wurden in vielen Fällen nur die generierten MIV-Wege untersucht. In Deutschland gab es Untersuchungen zur Verkehrserzeugung je nach Nutzungsart eines Gebietes (Wohnge-

⁵⁸ vgl. Jermann, 2002, S. 4

⁵⁹ vgl. Kleine, 2001, S. 61

biet, Gewerbegebiet, Mischgebiet, Einzelhandelseinrichtungen, Sport- und Freizeiteinrichtungen sowie sonstige verkehrsintensive Einrichtungen wie Universitäten). Die Kennwerte basieren allerdings meist auf der Bruttogeschossfläche der Gebäude,⁶⁰ die für eine große Menge an Gebäuden schwierig zu ermitteln sein kann.

Im Rahmen der Grobanalyse von Angebot und Nachfrage werden die Points of Interest daher nur qualitativ betrachtet. Bei besonders Nachfrage generierenden Einrichtungen wie Universitäten oder Einkaufszentren sollten die sich dort aufhaltenden Personen jedoch in die Nachfrageabschätzung integriert werden, wobei die dort Beschäftigten nicht doppelt gezählt werden dürfen.

6.2.1 Grobe Analyse des bestehenden ÖPNV-Angebots mit GIS

Um Defizite im bestehenden ÖPNV-Angebot aufzuzeigen, können die Gebäude (insbesondere Wohngebäude) ermittelt werden, die nicht im Einzugsbereich von ÖPNV-Haltestellen liegen. In einem zweiten Schritt kann die Zahl der dort lebenden oder arbeitenden Personen berechnet werden. Außerdem können etwaige nicht an das ÖPNV-Netz angeschlossene wichtige Strukturen (Points of Interest) ermittelt werden. Somit werden jene Teilgebiete einer Stadt aufgezeigt, die über keine ÖPNV-Anbindung verfügen.

Benötigte Layer:

- ✓ ÖPNV-Haltestellen, differenziert nach Verkehrsträgertyp
- ✓ Gebäude, wenn möglich differenziert nach Nutzungskategorie
- ✓ Einwohner je kleinstmöglicher Raumeinheit
- ✓ Arbeitsplätze je kleinstmöglicher Raumeinheit
- ✓ Points of Interest

6.2.1.1 Ermittlung der nicht erschlossenen (Wohn-)Gebäude

Um eine einfache und rasche Analyse zu ermöglichen, werden die Einzugsbereiche der ÖPNV-Haltestellen in Form von Einzugsradien über die Luftdistanz berechnet.

Beispielhafte Vorgangsweise in *ArcMap*:

1. Abgrenzung des Untersuchungsgebietes
2. Erstellung von Einzugsbereichen für die bestehenden ÖPNV-Haltestellen laut Tabelle 6-b [*Buffer*]
3. Ermittlung der nicht in Einzugsbereichen liegenden Gebäude [*Select By Location...*]
4. Darstellung der nicht in Einzugsbereichen liegenden Wohngebäude [*Select By Attributes...*]

⁶⁰ vgl. Bosserhoff, 2005

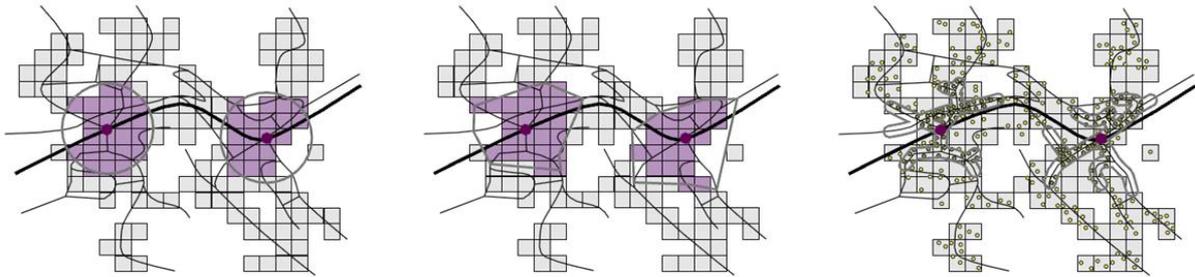


Abbildung 6-4: Schematische Modellierung der Einzugsbereiche anhand von Luftdistanz (links), Isozonen (Mitte) und Wegbuffern (rechts). Quelle: Jermann, 2002, S. 6-7

Alternative Vorgangsweisen für die Erstellung von Einzugsbereichen in ArcMap.⁶¹

- Modellierung der Einzugsbereiche anhand von Isozonen (mittlerer Aufwand): (s. Abbildung 6-4, Mitte)
 - Erweiterungsmodule *Network Analyst* und *Data Interoperability* nötig
 - Zusätzlich benötigter Layer: Wegenetz

Unter Verwendung des Tools *Make Service Area Layer* (*Network Analyst Tools* > *Analysis*) werden die Punkte im Wegenetz ermittelt, die die maximal mögliche Entfernung zur Haltestelle darstellen, z. B. 640 Meter bzw. 8 Minuten bei einer Bushaltestelle. Durch die Verbindung der einzelnen Wegpunkte entsteht eine Isozone. Damit werden die Ergebnisse verbessert, zum Beispiel werden Gebiete auf der anderen Seite eines Flusses ohne Brücke nicht mitberechnet.

- Modellierung der Einzugsbereiche anhand von Wegbuffern (hoher Aufwand): (s. Abbildung 6-4, rechts)
 - Erweiterungsmodule *Network Analyst* und *Data Interoperability* nötig
 - Zusätzlich benötigter Layer: Wegenetz

Ähnlich wie die Modellierung mittels Isozonen, allerdings wird nur mehr ein Puffer (von rund 40 m) um die Wege innerhalb der festgelegten Entfernung gelegt.

⁶¹ vgl. Jermann, 2002, S. 6-7

6.2.1.2 Berechnung der Personenanzahl außerhalb der ÖPNV-Einzugsbereiche

Um die Aussagekraft der Analyse aus dem vorigen Abschnitt 6.2.1.1 zu erhöhen, bei der die Gebiete bzw. Gebäude ohne ÖPNV-Anschluss ermittelt wurden, können die dort wohnenden oder arbeitenden Personen ermittelt werden.

Beispielhafte Vorgangsweise in ArcMap:

Die Analyse aus dem vorigen Abschnitt 6.2.1.1, "Ermittlung der nicht erschlossenen (Wohn-)Gebäude", dient als Basis; die Schritte 1-2 sind ident.

1. Abgrenzung des Untersuchungsgebietes
2. Erstellung von Einzugsbereichen für die bestehenden ÖPNV-Haltestellen laut Tabelle 6-b [Buffer]
3. evtl. Präzisierung der Daten (falls nicht auf Gebäudeebene vorhanden): Einwohner und Arbeitsplätze auf die Gebäude herunterrechnen (Berechnung der Gebäudegrundflächen für jedes Gebäude und des Prozentanteils jedes Gebäudes an der Summe der Gebäudegrundflächen; Multiplikation der Gesamtzahl der Einwohner / Arbeitsplätze mit dem Prozentanteil der Grundfläche des Gebäudes)
4. Ermittlung der Einwohner und Arbeitsplätze außerhalb der Einzugsbereiche [Select By Location...]
5. Visualisierung der Gebäude außerhalb der Einzugsbereiche, klassifiziert nach den dort wohnenden / arbeitenden Personen

6.2.1.3 Ermittlung der nicht erschlossenen "Points of Interest"

Ergänzend zu den beschriebenen Analysen kann dargestellt werden, welche wichtigen Strukturen mit Nachfragerrelevanz derzeit nicht durch den ÖPNV erschlossen sind.

Beispielhafte Vorgangsweise in ArcMap:

Die Schritte 1 und 2 sind wiederum analog zu jenen in den vorigen Analysen.

1. Abgrenzung des Untersuchungsgebietes
2. Erstellung von Einzugsbereichen für die bestehenden ÖPNV-Haltestellen laut Tabelle 6-b [Buffer]
3. Ermittlung der Points of Interest außerhalb der Einzugsbereiche [Select By Location...]
4. ggf. Präzisierung der Daten: Löschen von nicht nachfragerrelevanten Points of Interest

6.2.2 Grobe Analyse des Nachfragepotenzials einer geplanten Seilbahn mit GIS

Nachdem etwaige räumliche Defizite des bestehenden ÖPNV-Netzes einer Stadt ermittelt wurden, geht es nun um die Abschätzung des Nachfragepotenzials für einen konkreten Standort. Da auch hier mit Einzugsbereichen gearbeitet wird, ähneln sich die Analyseschritte.

Benötigte Layer:

- ✓ Gebäude, wenn möglich differenziert nach Nutzungskategorie
- ✓ Einwohner je kleinstmöglicher Raumeinheit
- ✓ Arbeitsplätze je kleinstmöglicher Raumeinheit
- ✓ Points of Interest
- ✓ geplante Standorte für Stationsgebäude
- ✓ ÖPNV-Haltestellen

6.2.2.1 Ermittlung der Einwohner und Arbeitsplätze im Einzugsbereich der geplanten Seilbahnstationen

Beispielhafte Vorgangsweise in *ArcMap*.⁶²

1. Bestimmung potenzieller Stationsstandorte [*Edit Features*]
2. Erstellung von Einzugsbereichen für die potenziellen Seilbahnstationen laut Tabelle 6-b [*Buffer*]
3. Verfeinerung: Teilung der Einzugsbereiche in 3 Entfernungsklassen [*Buffer; Erase*]
4. evtl. Präzisierung der Daten (falls nicht auf Gebäudeebene vorhanden): Einwohner und Arbeitsplätze auf die Gebäude herunterrechnen
5. Ermittlung der Einwohner und Arbeitsplätze im Einzugsbereich je nach Entfernungsklasse [*Select By Location...*]
6. Berechnung der potenziellen Nutzer (Einwohner und Arbeitsplätze) unter Berücksichtigung der Entfernungsklassen (80 %; 50 %; 25 %)

Alternative Vorgangsweise: Falls keine verorteten Bevölkerungs- und Arbeitsplatzdaten vorliegen, kann die Anzahl der Einwohner und Beschäftigten je Gebäude mittels einer durchschnittlichen Belegungszahl je Gebäudekategorie geschätzt werden.⁶³

⁶² vgl. MA 18 - Stadtentwicklung und Stadtplanung, 2011, S. 33-34

⁶³ vgl. Kleine, 2001, S. 51 ff.

6.2.2.2 Ermittlung von "Points of Interest" im Einzugsbereich der geplanten Seilbahnstationen

Analog zum Analysepunkt 6.2.1.3 werden besonders wichtige Strukturen, die durch die geplante Seilbahn erschlossen bzw. miteinander verbunden werden, ermittelt.

Beispielhafte Vorgangsweise in *ArcMap*:

1. Bestimmung potenzieller Stationsstandorte [*Edit Features*]
2. Erstellung von Einzugsbereichen für die potenziellen Seilbahnstationen laut Tabelle 6-b [*Buffer*]
3. Ermittlung der Points of Interest in den Einzugsbereichen [*Select By Location...*]
4. ggf. Präzisierung der Daten: Löschen von nicht nachfragerlevanten Points of Interest

6.2.2.3 Ermittlung von bestehenden ÖPNV-Haltestellen in der Nähe der geplanten Seilbahnstationen

Ergänzend zur Nachfrageabschätzung können Anschlussmöglichkeiten einer geplanten Seilbahn an das bestehende ÖPNV-Netz geprüft werden. Als angebundene Haltestellen werden jene in maximal 100 Meter Entfernung definiert.⁶⁴ Aufgrund der geringen Entfernung wird kein Umwegfaktor verwendet.

Vorgangsweise in *ArcMap*:

Auswahl der ÖPNV-Haltestellen in maximal 100 Metern Luftlinien-Entfernung zu einer der Seilbahnstationen [*Select By Location...*]

Alternative Vorgangsweise: Entfernungsberechnung anhand Wegenetz (vgl. alternative Vorgangsweisen für die Erstellung von Einzugsbereichen in Abschnitt 6.2.1.1)

⁶⁴ vgl. Kleine, 2001, S. 45

6.3 Technische Machbarkeitsanalyse

Mit der Machbarkeitsanalyse beginnt bereits die Projektierung; die Trassenvarianten werden auf ihre Machbarkeit hin untersucht. Das vorliegende Kapitel betrifft Fragen der technischen Machbarkeit, die mit GIS behandelt werden können: geeignete Flächen für Stützen und Stationen zu finden und gleichzeitig die naturräumlichen bzw. geomorphologischen Verhältnisse zu berücksichtigen.

Zum einen geht es also darum, die naturräumlichen Gegebenheiten zu analysieren; folgende Fragestellungen können beantwortet werden:

- ➔ Wie gut eignet sich der Untergrund für die Errichtung von Stützen? (Welche Bodentypen liegen vor?)
- ➔ Wie sind die Windverhältnisse entlang der geplanten Trasse?
- ➔ Wie sieht das Höhenprofil der geplanten Trasse aus?

Zum anderen geht es um die Analyse der Flächenverfügbarkeiten und -nutzungen:

- ➔ Wo gibt es unverbaute Grundstücke für Stützen und Stationsgebäude?
- ➔ Welche der Grundstücke sind in öffentlichem, welche in privatem Besitz?
- ➔ Welche Nutzungseinschränkungen gibt es auf den Grundstücken? (Flächenwidmung)
- ➔ Liegen Wohngebäude oder geschützte Bauwerke unter der geplanten Trasse?
- ➔ Liegen Naturschutzgebiete oder sonstige geschützte Zonen unter der geplanten Trasse?
- ➔ Gibt es bauliche Hindernisse auf der geplanten Trasse?

Für die genannten Fragestellungen eignet sich GIS sehr gut, zumindest wenn die Datengrundlagen bereits existieren.

In den folgenden Abschnitten werden Analysemöglichkeiten zur Beantwortung der Fragestellungen beispielhaft beschrieben. Die Analyse der Flächenverfügbarkeiten und -nutzungen kann auch parallel zu oder vor der Analyse der naturräumlichen Gegebenheiten erfolgen.

6.3.1 Analyse der naturräumlichen Gegebenheiten mit GIS

GIS ermöglicht eine großflächige Untersuchung der naturräumlichen Verhältnisse entlang der potenziellen Seilbahntrasse.

Benötigte Layer:

- ✓ Bodentypen
- ✓ Windkarte
- ✓ Gewässer (alle Flüsse und Seen sowie das Meer)
- ✓ Digitales Geländemodell
- ✓ geplante Seilbahntrasse
- ✓ geplante Standorte für Stationsgebäude
- ✓ geplante Standorte für Stützen

6.3.1.1 Ermittlung der Boden- und Windverhältnisse

- **Ermittlung der Art des Untergrundes bei Stationen und Stützen:**

Vorgangsweise in *ArcMap*:

Überlagerung der ausgewählten Grundstücke mit den Bodentypen und Gewässern [*Spatial Join*]

- **Ermittlung der Windverhältnisse entlang der geplanten Trasse:**

Vorgangsweise in *ArcMap*:

1. Einzeichnung der geplanten Trasse [*Edit Features*] als Fläche (gesamte Spurbreite) [*Buffer*]
2. Darstellung von etwaigen problematischen Trassenabschnitten: Auswahl von Gebieten mit hoher Windstärke [*Select By Attributes...*] und Überschneidung mit Trasse [*Intersect*]

6.3.1.2 Darstellung des Höhenprofils der geplanten Trasse

Zusätzlich zu den beschriebenen Analysen kann GIS auch für 3D-Darstellungen eingesetzt werden, etwa für die Visualisierung des Höhenprofils einer geplanten Trasse. In *ArcMap* ist dazu die Erweiterung *ArcGIS 3D Analyst* notwendig.

Vorgangsweise in *ArcMap*:

Verwendung des Werkzeugs *Stack Profile*

6.3.2 Analyse der Flächenverfügbarkeiten und -nutzungen mit GIS

Benötigte Layer:

- ✓ Grundstücksgrenzen (laut Kataster)
- ✓ Eigentumsverhältnisse: öffentliche vs. private Flächen
- ✓ Gebäude, nach Nutzungskategorie (zumindest Unterscheidung Wohngebäude vs. Rest)
- ✓ Digitales Oberflächenmodell
- ✓ Digitales Geländemodell
- ✓ Naturschutzgebiete und andere geschützte Zonen (z. B. UNESCO-Weltkulturerbe, Militärareale)
- ✓ geplante Standorte für Stationsgebäude
- ✓ geplante Seilbahntrasse

Die Analyse der Flächenverfügbarkeiten und -nutzungen soll helfen, einen Überblick zu erlangen und mögliche Trassenvarianten ausfindig zu machen. Dabei sollten auch die Ergebnisse der ersten Nachfrageanalysen berücksichtigt werden.

6.3.2.1 Ermittlung von grundsätzlich geeigneten Flächen für Stützen und Stationsgebäude

Beispielhafte Vorgangsweise in *ArcMap*:

1. Abgrenzung des Untersuchungsgebietes: Einzeichnung Idealstandort Stationen *[Edit Features]*
2. Auswahl der Grundstücke mit Mindestgröße für Stationsgebäude im Umkreis von x Metern um den Idealstandort *[Select by location...; Select by attributes...]*
3. Einzeichnung der geplanten Trasse als Linie *[Edit Features]*
4. Auswahl der darunter liegenden Grundstücke *[Select By Location...]*
5. Auswahl der Grundstücke mit Mindestgröße für Stützen (5 x 5 m) und gegebenenfalls für Zwischenstationen *[Select By Attributes...]*
6. Auswahl der unbebauten Grundstücke durch Überschneidung der Grundstücke mit den Gebäuden *[Select By Location...]*
7. Auswahl der Grundstücke in öffentlichem Eigentum *[Select By Attributes...]*
8. Anzeigen der Nutzungsbedingungen auf den ausgewählten Grundstücken (z. B. Überschneidung mit Flächenwidmungsplan)

Alternative Vorgangsweise: Es können auch für das gesamte Untersuchungsgebiet besonders geeignete Flächen angezeigt werden, indem mehrere Layer kombiniert werden; z. B. unbebaute Grundstücke mit Mindestgröße von 5 x 5 Metern, die in öffentlichem Eigentum stehen.

6.3.2.2 Ermittlung von Nutzungskonflikten entlang der geplanten Trasse

Beispielhafte Vorgangsweise in *ArcMap*:

1. Einzeichnung der geplanten Trasse als Linie [*Edit Features*]
2. Erstellung eines Puffers um die Trasse von 5 bis 6 Metern (Spurbreite = in Anspruch genommener Luftraum) [*Buffer*]
3. Auswahl der darunter liegenden Wohngebäude [*Select By Location...*]
4. zur Verfeinerung: Ermittlung der in den Wohngebäuden lebenden Personen (s. Kapitel 6.2.1.1)
5. Auswahl von Naturschutzgebieten oder anderen geschützten Zonen unter der Trasse [*Select By Location...*]

Alternative Vorgangsweise: Wiederum kann auch umgekehrt vorgegangen werden, indem für das gesamte Untersuchungsgebiet Gebiete mit potenziell hohen Nutzungskonflikten angezeigt werden, z. B. dicht besiedelte Wohngebiete und Naturschutzgebiete.

6.3.2.3 Ermittlung von baulichen Hindernissen entlang der geplanten Trasse

Beispielhafte Vorgangsweise in *ArcMap*:

1. Ermittlung der ungefähren Bauwerkshöhen durch Subtraktion des Digitalen Geländemodells vom Digitalen Höhenmodell (= Gelände + Bauwerke)
2. Auswahl der Bauwerke, die eine definierte Höhe überschreiten [*Select By Attributes...*]
3. Einzeichnung der geplanten Trasse als Linie [*Edit Features*]
4. Überlagerung der Trassenlinie mit den Bauwerken, die die definierte Höhe überschreiten [*Select By Location...*]

Alternative Vorgangsweise: Ermittlung der Bauwerkshöhen aus einem 3D-Stadtmodell.

6.4 Ökonomische Machbarkeitsanalyse

Mit GIS können, wie im vorigen Kapitel dargelegt wurde, Fragestellungen der technischen Machbarkeit gut analysiert werden. Die ökonomische Machbarkeit - die auch von der Nachfrage abhängt - muss hingegen mit anderen Werkzeugen analysiert werden.

Sollten für die Einschätzung der ökonomischen Machbarkeit genauere Nachfrageeinschätzungen als jene der GIS-Potenzialanalyse (s. Kapitel 6.2.2) nötig sein, können Verkehrssimulationsprogramme eingesetzt werden, die hauptsächlich folgende Frage beantworten:

- ➔ Welche Nutzerzahlen sind für die Seilbahn zu erwarten?

Bei der abschließenden ökonomische Bewertung stehen folgende Fragestellungen im Mittelpunkt:

- ➔ Wie hoch ist der volkswirtschaftliche Nutzen der geplanten Seilbahn?
- ➔ Welche finanziellen Auswirkungen des Seilbahnprojektes sind zu erwarten?

Eine ökonomische Machbarkeitsanalyse umfasst also sowohl die detaillierte Ermittlung des Nachfragepotenzials als auch eine Untersuchung der Wirtschaftlichkeit des Projektes. Diese beiden Untersuchungen überschneiden sich zum Teil und können auch miteinander kombiniert werden.

6.4.1 Detaillierte Nachfrageberechnung mit Verkehrsmodellen

6.4.1.1 Aufbau und Inhalt eines Verkehrsmodells

Grundlage für die ökonomische Bewertung und Einschätzung der Sinnhaftigkeit eines Verkehrsprojektes ist die zu erwartende Nachfrage. Wie bereits in Kapitel 5.2 erwähnt, werden zur Berechnung von Nachfragepotenzialen in der Verkehrsplanung normalerweise Softwareprogramme verwendet, die mit Verkehrsmodellen arbeiten. Ein gängiges Programm ist *VISUM* des Herstellers *PTV*.

Verkehrsmodelle sind, wie alle Modelle, eine Abstraktion der Wirklichkeit; sie können als eine spezielle Ausprägung von GIS bezeichnet werden. Mittels mathematischer Algorithmen wird das Verkehrssystem eines definierten Bezugsraums vereinfacht abgebildet. Damit sind Systemanalysen und Wirkungsprognosen zur Vorbereitung von realen Entscheidungen möglich.⁶⁵

⁶⁵ PTV AG, 2009, S. 2; PTV Transport Consult GmbH, 2015, S. 13

Ein Verkehrsmodell arbeitet mit einem breiten und komplexen Datenspektrum; die grundlegende Struktur sieht folgendermaßen aus:

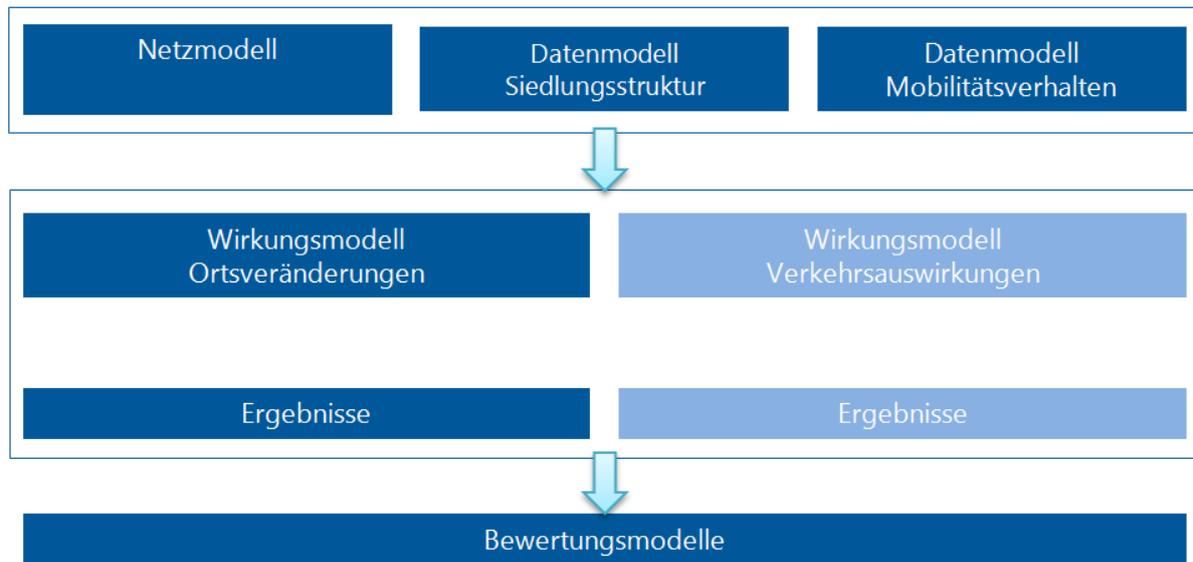


Abbildung 6-5: Schematischer Aufbau eines Verkehrsmodells. Quelle: Friedrich, 2011, S. 4; eigene Darstellung

Basis eines Verkehrsmodells sind die folgenden drei Datenmodelle, deren Genauigkeit die Qualität der Ergebnisse beeinflusst:

- **Netzmodell:** Daten bezüglich des Verkehrsangebots, inklusive der Nutzungskosten: Haltestellen, Straßen- und Schienenverbindungen, ÖV-Linien inklusive ihrer Fahrpläne u. a.
Das Verkehrsnetz wird mit Hilfe der Graphentheorie beschrieben: Strecken werden als Kanten dargestellt; Haltestellen, Kreuzungen sowie Anfangs- und Endpunkte von Strecken werden als Knoten abgebildet. Jede Strecke wird durch Attribute wie z. B. die Art des Verkehrssystems, die Förderleistung und die Freifahrtgeschwindigkeit charakterisiert. Weitere Elemente eines Netzmodells sind Abbieger (definieren, ob das Abbiegen an einer Kreuzung zulässig ist), Anbindungen an die Verkehrszellen sowie ÖV-Fahrplanfahrten.⁶⁶
- **Datenmodell Siedlungsstruktur:** Standorte und Anzahl von Wohnungen bzw. Einwohnern, Arbeitsplätzen, Schulen, Geschäften, Freizeiteinrichtungen etc.; als Gebäudedaten oder in Form von Verkehrszellen.
- **Datenmodell Mobilitätsverhalten:** Informationen zu Personengruppen und deren Aktivitätenketten, Aktivitätenhäufigkeiten, Verkehrsmittelwahl u. a.⁶⁷ Damit kann die Verkehrsnachfrage differenziert und detailliert modelliert werden.

Aus diesen Daten werden im sogenannten **“Wirkungsmodell Ortsveränderungen”**, dem Verkehrsnachfragemodell im engeren Sinn, die Ortsveränderungen von Personengruppen oder Einzelpersonen ermittelt.

⁶⁶ vgl. PTV Transport Consult GmbH, 2015, S. 13-14

⁶⁷ vgl. Friedrich, 2011, S. 3-4; 12-13

Auswirkungen von zukünftigen Entwicklungen oder Planungsmaßnahmen abgeschätzt werden. Daher werden Verkehrsmodelle oft in der Vorbereitung von verkehrstechnischen oder verkehrspolitischen Entscheidungen verwendet.⁶⁹

Für viele europäische Städte sind Verkehrsmodelle vorhanden, die als Grundlage für die Nachfrageberechnung dienen. Unter der Nutzung eines bestehenden städtischen Verkehrsmodells kann mit Hilfe von Verkehrssimulationsprogrammen die Nachfrage für ein geplantes Verkehrsprojekt, wie z. B. eine urbane Luftseilbahn, prognostiziert werden. Damit sind fundierte Aussagen über die Sinnhaftigkeit und Wirtschaftlichkeit eines Projektes möglich. Außerdem können beispielsweise Auswirkungen von neuen Siedlungsgebieten auf die ÖV-Nachfrage berechnet oder Verlagerungseffekte zwischen den Verkehrsträgern ("modal shift") durch die Realisierung eines Verkehrsprojektes aufgezeigt werden.

6.4.1.2 Implementierung von Luftseilbahnen in Verkehrsmodellen

Luftseilbahnen sind im Gegensatz zu Bussen, Straßenbahnen, S- und U-Bahnen kein typischer Bestandteil eines städtischen Verkehrsmodells. Eine Luftseilbahn kann jedoch einfach dargestellt werden.

Anfangs- und Endstation sowie die möglichen Zwischenstationen der Seilbahn werden als Knoten, die Strecken zwischen den Stationen als gerade Kanten visualisiert; Abbiegerelationen entfallen normalerweise. Dadurch, dass sich die Seilbahnlinie nicht auf der selben Ebene wie z. B. eine darunter liegenden Buslinie befindet, ist darauf zu achten, dass es bei der Überschneidung der beiden Kanten keinen Knoten gibt - Umsteigemöglichkeiten kann es nur an den Seilbahnstationen geben. Insofern hat eine Luftseilbahnen ähnliche Eigenschaften wie eine U-Bahnlinie.

Ansonsten sollte die Integration einer Luftseilbahn in ein Verkehrsmodell problemlos möglich sein, da sie sich auf der "Ebene +1" unabhängig vom restlichen Verkehrsgeschehen bewegt. Manche Parameter wie z. B. die Förderleistung, die Fahrgeschwindigkeit oder die Intervalle bleiben bei Umlaufbahnen im Normalfall konstant.

Im Verkehrssimulationsprogramm *VISUM* werden Seilbahnen auf die gleiche Art wie andere Linien modelliert; die Parameter müssen auf dieselbe Weise projektspezifisch definiert werden.

⁶⁹ vgl. Friedrich, 2011, S. 8

Vorgangsweise für die Modellierung einer Luftseilbahn in *VISUM*:

1. Anlegung eines neuen Verkehrssystems und Hinzufügung zum Modus *ÖV*
2. Anlegung von Linie und Fahrplan mit Fahrzeitprofilen und Fahrten
3. Definition von Haltestellen, Umsteigebeziehungen und Einzugsradien (Anbindungen)

Als Parameter sind einzugeben:

- Takt / Kapazität
- Durchschnittliche Wartezeit beim Einstieg
- Tarif

Für die Wegewahl sind zu berücksichtigen:

- Widerstand des Verkehrssystems
- evtl. Betreiberwechsel (Anzahl des Personalwechsels; sollte bei Umlaufbahnen jedoch keine Rolle spielen)

Dabei gilt es zu beachten, dass Seilbahnen unter Umständen bei hohen Windgeschwindigkeiten nicht fahren können. Es sind daher Überlegungen bezüglich der Art der Schließung von Haltestellen, Zubringerlinien und gegebenenfalls eines Ersatzverkehrs mit Bussen miteinzubeziehen.

Die kleinräumige Modellierung von Stationen und Fahrgästen erfolgt in den Programmen *VISSIM* und *VIS-WALK*.⁷⁰

⁷⁰ vgl. Lamprecht, 2015

6.4.2 Ökonomische Projektbewertung: die *Standardisierte Bewertung*

Die erwartete Nachfrage ist eine wichtige, jedoch nicht die einzige Einflussgröße bei der Ermittlung der ökonomischen Machbarkeit. Um die wirtschaftlichen Auswirkungen eines Projektes vollständig einschätzen zu können, bedarf es weiterer Untersuchungen, wie etwa der *Standardisierten Bewertung*, bei der die Verkehrsnachfrage ebenso ein zentraler Faktor ist.

Damit ein Projekt wie eine neue urbane Seilbahnanlage realisiert wird, muss ein wirtschaftlicher Nutzen vorliegen, d. h. der Nutzen muss die Kosten übersteigen. Da der ÖPNV ein öffentliches Gut ist, geht es jedoch nicht nur um die betriebswirtschaftlichen, sondern auch um die volkswirtschaftlichen Effekte eines Projektes. Auch wenn der betriebswirtschaftliche Nutzen (also der Gewinn) negativ ist, kann der gesamtwirtschaftliche Nutzen positiv sein. In diesem Zusammenhang ist die Möglichkeit der Subventionierung zu beachten.

Zur ökonomischen Bewertung von ÖPNV-Projekten gibt es einheitliche Beurteilungsverfahren. Ein Beispiel dafür ist die *Standardisierte Bewertung*, die in Deutschland für alle Verkehrswegeinvestitionen nach dem Gemeindeverkehrsfinanzierungsgesetz, die von erheblicher finanzieller Bedeutung sind (ab 25 Mio. €), durchgeführt werden muss. Außerdem wird das Verfahren auch als Entscheidungshilfe bei der Bewertung von kleineren Verkehrsinfrastrukturprojekten angewandt. Für Projekte ab einem Investitionsvolumen von rund 5 Millionen Euro sind aussagekräftige Ergebnisse möglich.⁷¹ Insofern eignet sich die *Standardisierte Bewertung* auch für urbane Seilbahnprojekte.

In Österreich ist die *Nutzen-Kosten-Untersuchung im Verkehrswesen*, die durch die *RVS 02.01.22* geregelt ist, das gängigste standardisierte Bewertungsverfahren. Sie ist ebenso zur Erlangung von Fördermitteln zwingend durchzuführen. Der Ablauf dieses Bewertungsverfahrens ist vergleichbar mit dem der *Standardisierten Bewertung*.

Die Projektauswirkungen werden in der *Standardisierten Bewertung* sowohl aus gesamtwirtschaftlicher als auch aus betriebswirtschaftlicher Sicht untersucht; das Verfahren besteht daher aus zwei Teilen:

- Berechnung des gesamtwirtschaftlichen Nutzens (und damit auch der Förderfähigkeit) des Projektes in Form einer **Nutzen-Kosten-Untersuchung**
- Aufzeigen der finanziellen Auswirkungen des Vorhabens auf den Projektträger in Form einer **Folgekostenrechnung**.⁷²

Das Projekt wird in seinen ökonomischen Auswirkungen mit dem Planungsnullfall verglichen; im Falle eines Seilbahnprojektes werden also die Effekte des Seilbahnbaus mit der Situation ohne Seilbahn verglichen.

Folgende Nutzen- und Kostenkomponenten werden in der *Standardisierten Bewertung* berücksichtigt.⁷³

⁷¹ vgl. Dobeschinsky, 2002, S. 2-3

⁷² vgl. Dobeschinsky, 2002, S. 2

- Investitions- und Unterhaltungskosten der Fahrwege
- Fahrzeugvorhaltung
- Kosten der Betriebsführung / Betriebskosten
- Fahrzeit / Reisezeit
- Unfallgeschehen (Tote, Schwer- und Leichtverletzte, Sachschäden)
- Lärm- / Geräuschbelastung
- Schadstoffbelastung
- Klimabelastung
- Trennwirkung
- Primärenergieverbrauch
- Erreichbarkeit von Stadt- und Stadtteilzentren
- Strecken entlang von Entwicklungsachsen und in Schutzgebieten
- Flächenbedarf
- Beförderungskomfort

Für die Ermittlung des gesamtwirtschaftlichen Nutzens wird eine **Kosten-Nutzen-Analyse** (KNA) durchgeführt, in der alle Projektwirkungen in monetärer Form aufgelistet werden. Die zentrale Ergebnisgröße ist das Nutzen-Kosten-Verhältnis.

In Sonderfällen wird auch eine Nutzwertanalyse durchgeführt, in die auch nicht monetarisierbare Komponenten einfließen.⁷⁴

Mit der **Folgekostenrechnung** soll ermittelt werden, wie sich das Projekt "im Hinblick auf die finanzwirtschaftlichen Folgen (Einnahmen-Ausgaben-Ströme) und auf die Erfolgsseite (Gewinn- und Verlustrechnung der beteiligten Unternehmen bzw. Aufgabenträger auswirkt".⁷⁵ Dies beinhaltet insbesondere die von der öffentlichen Hand zu tragenden Anteile an den Investitionskosten, die Veränderung der Betriebskosten für das betroffene Verkehrsunternehmen und die zu erwartenden Einnahmeänderungen. Ergebnisgrößen sind Cash-Flow-Salden für jedes Jahr des Untersuchungszeitraums, der Kapitalwert der Cash-Flow-Salden und die Veränderung des Betriebsergebnisses für ausgewählte Jahre des Untersuchungszeitraums.⁷⁶

⁷³ vgl. Dobeschinsky, 2000, S. 22-24

⁷⁴ vgl. Dobeschinsky, 2000, S. 23

⁷⁵ Intraplan Consult GmbH; Verkehrswissenschaftliches Institut an der Universität Stuttgart, 2006, S. 85

⁷⁶ vgl. Intraplan Consult GmbH; Verkehrswissenschaftliches Institut an der Universität Stuttgart, 2006, S. 85; 88

Kombination von Verkehrsnachfragemodellierung und Wirtschaftlichkeitsuntersuchungen

Zwischen Wirtschaftlichkeitsuntersuchungen wie der *Standardisierten Bewertung* und der Nachfrageberechnung mittels Verkehrsmodellen gibt es, wie bereits erwähnt, Überschneidungen.

Auch in der *Standardisierten Bewertung* muss beispielsweise eine Ermittlung der Verkehrsnachfrage erfolgen, um die entsprechenden Kosten und Nutzen berechnen zu können. Wenn beide Analysen durchgeführt werden, wird in der Praxis zur Vermeidung von Doppelgleisigkeiten oft auf die Nachfrageermittlung innerhalb der *Standardisierten Bewertung* verzichtet, um stattdessen die genaueren Ergebnisse der Verkehrsmodellierung zu verwenden.

Die beiden Untersuchungen können jedoch auch ineinander integriert werden: Mittlerweile bieten Verkehrssimulationsprogramme wie *VISUM* die Möglichkeit, diverse Wirtschaftlichkeitsuntersuchungen durchzuführen.

6.5 Zusammenfassung: Übersicht über die GIS-Analysen

6.5.1 Aussagekraft und Aufwand

GIS kann, wie in den vorigen Kapiteln gezeigt wurde, bei der Standortsuche und Planung von urbanen Luftseilbahnen für bestimmte Fragestellungen verwendet werden. Teilweise ist die Aussagekraft der Analysen beschränkt und weitere Untersuchungen sind notwendig, teilweise gibt es gut brauchbare Ergebnisse (vor allem im Bereich der technischen Machbarkeit). Dementsprechend ist auch der Aufwand für die Analysen unterschiedlich hoch, wobei die Datenverfügbarkeit vorausgesetzt wird (Bei eigener Zusammenstellung der Daten kann der Aufwand sehr hoch sein).

Analysepunkt	Aussagekraft	Aufwand	Beispiel in Fallstudie
Großmaßstäbliche Standortsuche mit GIS	niedrig	niedrig	S. 71
Ermittlung der nicht erschlossenen (Wohn-)Gebäude	niedrig	niedrig	S. 88
Berechnung der Personenanzahl außerhalb der ÖPNV-Einzugsbereiche	mittel	mittel	
Ermittlung der nicht erschlossenen "Points of Interest"	niedrig	niedrig	
Ermittlung der Einwohner und Arbeitsplätze im Einzugsbereich der geplanten Seilbahnstationen	mittel	niedrig	S. 90
Ermittlung von "Points of Interest" im Einzugsbereich der geplanten Seilbahnstationen	niedrig	niedrig	
Ermittlung von bestehenden ÖPNV-Haltestellen in der Nähe der geplanten Seilbahnstationen	niedrig	niedrig	
Ermittlung von grundsätzlich geeigneten Flächen für Stützen und Stationsgebäude	hoch	mittel	
Ermittlung von Nutzungskonflikten entlang der geplanten Trasse	hoch	mittel	S. 96
Ermittlung von baulichen Hindernissen entlang der geplanten Trasse	hoch	mittel	
Ermittlung der Art des Untergrundes bei Stationen und Stützen	mittel	niedrig	
Ermittlung der Windverhältnisse entlang der geplanten Trasse	mittel	niedrig	
Darstellung des Höhenprofils der geplanten Trasse	hoch	mittel	
zum Vergleich: Nachfrageberechnung mit Verkehrsmodellen	hoch	hoch	

Tabelle 6-c: Aussagekraft und Arbeitsaufwand der beschriebenen GIS-Analysen; eigene Darstellung

Einige der beschriebenen Analysepunkte werden im Rahmen der Fallstudie (Kapitel 7) mit Hilfe von *ArcMap 10.2* beispielhaft durchgeführt.

6.5.2 Benötigte Geodaten

Nachdem die Einsatzmöglichkeiten von GIS bei der Planung von urbanen Seilbahnen aufgezeigt wurden, folgt nun eine zusammenfassende Auflistung der für die Analysen nötigen Geodaten. Da Teile des Konzepts zur Standortanalyse im Kapitel 7 anhand von britischen Städten angewandt werden sollen, werden für jeden Datensatz mögliche Anbieter und Datenpakete in Großbritannien genannt sowie Angaben über die Kosten gemacht.

Datensatz	Verwendung in Analysepunkt	Detaillierungsgrad	Standard-Datensatz	mögliche Datenquellen UK	Verfügbarkeit
Administrative Grenzen	– Großmaßstäbliche Standort-suche	niedrig	ja	Ordnance Survey: <i>Boundary Line; Meridian 2</i>	kostenlos
Grenzen des besiedelten Raums	– Großmaßstäbliche Standort-suche	mittel	nein	Ordnance Survey: <i>Meridian 2</i>	kostenlos
Grundstücksgrenzen	– Analyse der Flächenverfüg-barkeiten und -nutzungen	hoch	nein	Ordnance Survey: <i>OS MasterMap Topography Layer</i>	kosten-pflichtig
Grundstücke in öffentli-chem Eigentum	– Analyse der Flächenverfüg-barkeiten und -nutzungen	hoch	nein	Land Registry	kosten-pflichtig
Gebäude, nach Nut-zungskategorie	– Großmaßstäbliche Standort-suche – Grobe Analyse des beste-henden ÖPNV-Angebots – Grobe Analyse des Nachfra-gepotenzials einer geplan-ten Seilbahn – Analyse der Flächenverfüg-barkeiten und -nutzungen	hoch	nein	Open Street Map	kostenlos
				Ordnance Survey: <i>AddressBase, AddressBase Premium</i>	kosten-pflichtig
Points of Interest	– Grobe Analyse des beste-henden ÖPNV-Angebots – Grobe Analyse des Nachfra-gepotenzials einer geplan-ten Seilbahn	hoch	ja	Ordnance Survey: <i>Points of Interest</i>	kosten-pflichtig
Einwohner je Gemeinde	– Großmaßstäbliche Standort-suche	niedrig	ja	Eurostat	kostenlos
Einwohner je kleinster verfügbarer Raumeinheit	– Grobe Analyse des beste-henden ÖPNV-Angebots – Grobe Analyse des Nachfra-gepotenzials einer geplan-ten Seilbahn	hoch	nein	Geodata, University of Southampton: <i>OpenPopGrid</i>	kostenlos
Bevölkerungsdichte	– Großmaßstäbliche Standort-suche	niedrig	nein	DIVA-GIS: <i>Population</i>	kostenlos
Arbeitsplätze je kleinster verfügbarer Raumeinheit	– Grobe Analyse des beste-henden ÖPNV-Angebots – Grobe Analyse des Nachfra-	hoch	nein	data.gov.uk: <i>Workplace zones (E+W) 2011 Population Weighted Centroids</i>	kostenlos

	gepotenzials einer geplanten Seilbahn			Office for National Statistics: <i>Mid-2013 Population Estimates for Census Output Areas in Wales by Single Year of Age and Sex</i>	kostenlos
Flüsse, Seen	<ul style="list-style-type: none"> - Großmaßstäbliche Standort-suche - Analyse der naturräumlichen Gegebenheiten 	niedrig	ja	Ordnance Survey: <i>OS Open Rivers; Meridian 2</i>	kostenlos
Bodentypen	<ul style="list-style-type: none"> - Analyse der naturräumlichen Gegebenheiten 	mittel	nein	British Geological Survey: <i>Soil Parent Material Model</i>	kostenpflichtig
Windverhältnisse	<ul style="list-style-type: none"> - Analyse der naturräumlichen Gegebenheiten 	mittel	nein	Met Office: <i>UK wind map</i>	kostenpflichtig
Naturschutzgebiete	<ul style="list-style-type: none"> - Analyse der Flächenverfügbarkeiten und -nutzungen 	mittel	ja	OpenStreetMap Natural England/Magic: diverse	kostenlos
Digitales Geländemodell	<ul style="list-style-type: none"> - Großmaßstäbliche Standort-suche - Analyse der Flächenverfügbarkeiten und -nutzungen - Analyse der naturräumlichen Gegebenheiten 	mittel	ja	Ordnance Survey: <i>OS Terrain 5</i>	kostenpflichtig
Digitales Oberflächenmodell	<ul style="list-style-type: none"> - Analyse der Flächenverfügbarkeiten und -nutzungen 	mittel	ja	University of Edinburgh/ShareGeo Open: <i>GB SRTM Digital Elevation Model (DEM) 90m</i>	kostenlos
ÖPNV-Haltestellen	<ul style="list-style-type: none"> - Grobe Analyse des bestehenden ÖPNV-Angebots - Grobe Analyse des Nachfragepotenzials einer geplanten Seilbahn 	hoch	ja	Open Street Map	kostenlos
Verkehrswegenetz	<ul style="list-style-type: none"> - Grobe Analyse des bestehenden ÖPNV-Angebots - Grobe Analyse des Nachfragepotenzials einer geplanten Seilbahn 	hoch	ja	Ordnance Survey: representation of the road network - ITN (<i>Integrated Transport Network</i>)	kostenpflichtig

Tabelle 6-d: Benötigte Daten für die Analysen mit GIS und mögliche Datenquellen in Großbritannien; eigene Darstellung

7 Fallstudie zur Standortanalyse für urbane Seilbahnen: Großbritannien

Großbritannien ist im Vergleich zu Österreich aufgrund der relativ wenigen Berge kein typisches "Seilbahnland". Dennoch wird seit der Realisierung der Umlaufbahn in London (s. Kapitel 3.1) auch in anderen Städten über Seilbahnprojekte diskutiert.

Die vorliegende Fallstudie nimmt einige der Städte unter die Lupe und ist dabei als ein Anwendungsbeispiel für das in Kapitel 6 vorgestellte Konzept einer GIS-unterstützten Standortanalyse für urbane Luftseilbahnen zu verstehen. Teile des Analysekonzeptes werden durchgeführt, wobei nur auf kostenlose Daten zurückgegriffen wird.

7.1 Landesweite Voranalyse

7.1.1 Landesweite Standortsuche mit GIS

In der ersten Untersuchungsstufe können jene Städte in ganz Großbritannien kartographisch herausgefiltert werden, die diese grundlegenden begünstigenden Faktoren für Seilbahnen mitbringen:

- Höhenunterschiede
- Gewässer
- dichte Siedlungsstruktur (hier: hohe Bevölkerungsdichte)

Hinweise:

- Da in Großbritannien keine Gemeinden wie in Österreich existieren und die administrativen Einheiten je nach Land verschieden sind, können die *districts* bzw. *regions* als Grundlage für die Analyse verwendet werden.
- Um aussagekräftigere Ergebnisse zu erzielen, sollten nur die größten Flüsse berücksichtigt werden. In Bezug auf Seilbahnprojekte sind die großen Flüsse vor allem im Mündungsbereich nahe dem Meer von Interesse ("tidal rivers"), da sie dort die größte Breite aufweisen. Diese Differenzierung ist im Datenpaket *OS Open Rivers* von *Ordnance Survey* zu finden.
- Die Siedlungsdichte wird hier anhand der Bevölkerungsdichte ermittelt. Die Daten des Anbieters *DI-VA-GIS* stehen als Raster in der Auflösung von ca. 1 x 1 Kilometer zur Verfügung und sind, auch wenn sie aus dem Jahr 2000 stammen, für die vorliegende Analyse ausreichend. Ausgewählt werden jene *districts* bzw. *regions*, die zumindest einen Quadranten mit einer Bevölkerungsdichte von über 500 Einwohnern enthalten.

- Da das Digitale Geländemodell für Großbritannien nicht kostenlos erhältlich ist, wurden CGIAR-SRTM-Daten des Anbieters *DIVA-GIS* mit einer deutlich geringeren Auflösung (ca. 1 x 1 km) verwendet.

Jene *districts* oder *regions*, die einen größeren Fluss beinhalten, ein Teilgebiet mit einer Bevölkerungsdichte von mindestens 1.000 Einwohnern pro Quadratkilometer enthalten und einen Höhenunterschied von mindestens 75 Metern aufweisen, werden kartographisch hervorgehoben.

Die Selektionsbedingungen können je nach Bedarf angepasst und erweitert werden, z. B. könnte zusätzlich eine Auswahl aufgrund der Einwohneranzahl erfolgen. Die vorliegende GIS-Analyse soll lediglich als vereinfachtes Beispiel dienen.

Unter den selektierten Gebieten dieser landesweiten Standortsuche befinden sich unter anderem:

- Aberdeen
- **Bath**
- Bristol
- Cardiff
- Edinburgh
- Glasgow
- London Greenwich
- Newcastle upon Tyne
- Newport
- Plymouth
- **Southampton**

Die meisten dieser Städte bzw. *districts* wurden vom Verfasser bereits in den ersten Überlegungen vor der GIS-Analyse als potenziell geeignete Standorte angesehen. Insofern hat die GIS-Analyse diese Überlegungen bestätigt.

Die fett markierten Städte werden in Kapitel 7.1.2 weiter untersucht.

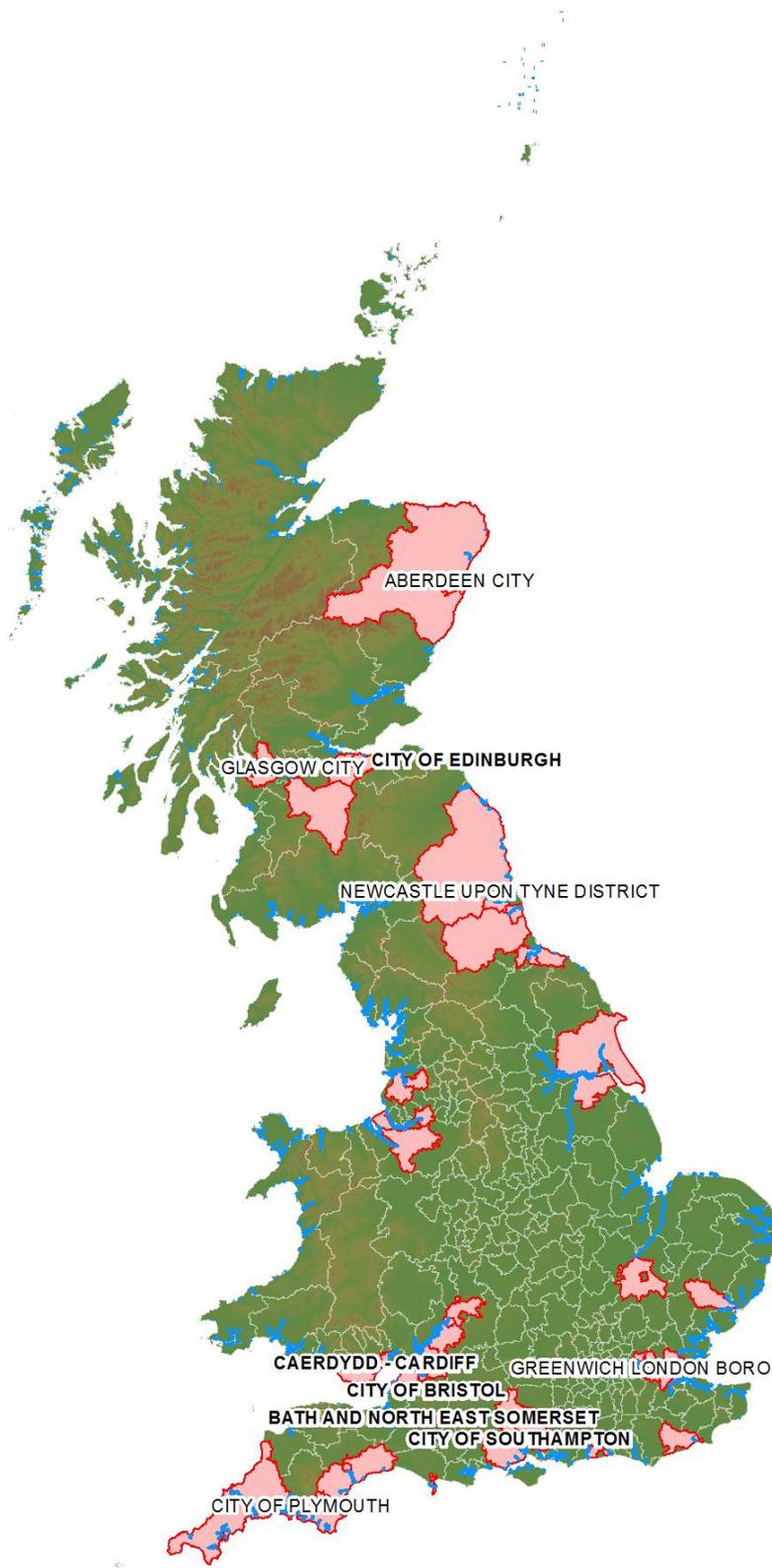


Abbildung 7-1: Landesweite Standortsuche in Großbritannien nach *districts* bzw. *regions*: Faktoren Bevölkerungsdichte, größerer Fluss, Höhenunterschiede (maßstabslos); eigene Darstellung unter Verwendung von Daten von Ordnance Survey, DIVA-GIS und NASA/NGA/DLR/ASI

7.1.2 Anwendung der Checkliste der begünstigenden Faktoren auf ausgewählte Städte

Einige der im Analysepunkt "Landesweite Standortsuche mit GIS" ausgewählten Städte werden nun überblickshaft hinsichtlich weiterer begünstigender Faktoren für Seilbahnen untersucht, und zwar mit Hilfe der interaktiven Excel-Checkliste aus Kapitel 6.1.1 (vgl. Abbildung 6-3).

Die Einschätzung auf Basis der Checkliste der begünstigenden Faktoren erhebt nicht den Anspruch auf Vollständigkeit und ist in ihrer Aussagekraft z. T. beschränkt, da nicht alle notwendigen Informationen vorlagen. Die folgenden Abschnitte sollen als Beispiel für die Anwendung dieser Schnelleinschätzungs-Methode dienen.

7.1.2.1 Bath

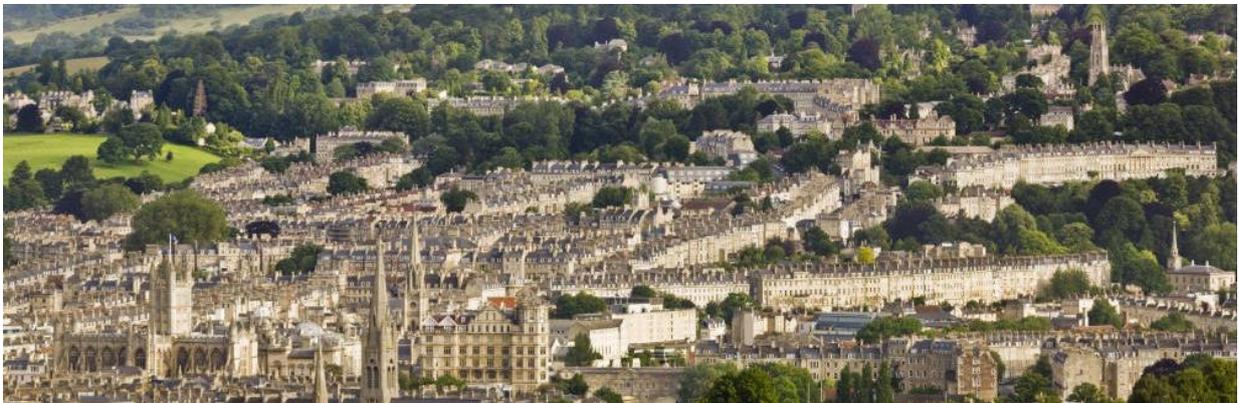


Abbildung 7-2: Bath. Quelle: <http://www.coolplaces.co.uk/system/images/72/bath-bath-skyline-walk-walks-72-large.jpg>

Der Kurort Bath, im Südwesten Englands in der Nähe von Bristol gelegen, beheimatet zusammen mit dem restlichen Regierungsbezirk Bath and North East Somerset über 170.000 Einwohner, wobei die Stadt selbst mit rund 80.000 Einwohnern deutlich kleiner ist.

2014 wurde von einer Immobiliengesellschaft die Errichtung einer Luftseilbahn als Verbindung des Neubaugebietes *Mulberry Park* mit dem Zentrum von Bath vorgeschlagen.⁷⁷



Abbildung 7-3: Ungefähre Trasse der vorgeschlagenen Seilbahnlinie. Quelle: Bing Maps; eigene Bearbeitung

⁷⁷ vgl. BBC, 2014

Strukturelle Standortfaktoren

Das Stadtgebiet ist hügelig und wird vom Fluss Avon sowie einem Seitenarm des Flusses durchquert. Bath wächst: Zwischen 2010 und 2012 gab es ein Bevölkerungsplus von 1,6 Prozent.⁷⁸

Der städtische ÖV besteht aus Buslinien, wobei sich die Stadt aufgrund ihrer Kompaktheit auch gut für den Fußgängerverkehr eignet. Auf den Straßen von Bath kommt es dennoch oft zu Staus.⁷⁹ Neubaugebiete wie das genannte *Mulberry Park* sowie die auf einem Hügel gelegene Universität stellen potenzielle Quell- und Zielgebiete für eine Seilbahn dar.

Politische und ökonomische Rahmenbedingungen

Mit über 230.000 ausländischen Gästen pro Jahr ist der Faktor Tourismus in Bath von großer Bedeutung.⁸⁰ Die Stadt ist UNESCO-Weltkulturerbe - was Bauvorhaben wie die Errichtung einer Seilbahn schwieriger macht. Obwohl Bath eine antike Kurstadt ist, spielt auch Innovation eine Rolle: 2009 gab es in Bath ein Projekt, das sich mit dem *ULTra Personal Rapid Transit system*, einem Peoplemover, beschäftigte. Das Interesse an innovativen Verkehrsmitteln scheint also gegeben. Bath ist im *Innovation Cities Index* 2014 in Europa auf Platz 104 zu finden.⁸¹

⁷⁸ vgl. Eurostat, 2015 b

⁷⁹ vgl. BBC, 2008

⁸⁰ vgl. Office for National Statistics, 2015

⁸¹ vgl. Civitas Renaissance, 2009, S. 1; 2thinknow, 2014

UNTERSUCHTE STADT: BATH						
Strukturelle Standortfaktoren						
Themenbereich	Faktor	Gewichtung	vorhanden?	Punkte	k. A.	
Topographie	Höhenunterschiede	5	ja	5	0	
	Gewässer	4	ja	4	0	
	Infrastruktur mit Trennwirkung	3	nein	0	0	
Siedlungsstruktur	hoher Anteil an bebauter Grundfläche*	2	nein	0	0	
	Polyzentrische Struktur (potentielle Quell- und Zielgebiete)	3	ja	3	0	
	Stadtwachstum**	2	ja	2	0	
	Lücken im ÖPNV-Netz**	3	[keine Angabe]	0	3	
Verkehrssystem	geringe Anzahl unterschiedlicher öffentlicher Verkehrsträger in Verwendung (1-2)	1	ja	1	0	
	umständliche Straßenverbindung (Umweg)	4	nein	0	0	
	überlastetes Straßennetz	3	ja	3	0	
		30		18	3	
				67%		
Politische und ökonomische Rahmenbedingungen						
Themenbereich	Faktor	Gewichtung	vorhanden?	Punkte	k. A.	
Verkehrspolitik	mangelnde Kundenzufriedenheit ÖPNV**	1	[keine Angabe]	0	1	
	Bereitschaft für innovative Verkehrsträger	2	ja	2	0	
	Städtische Wirtschaftslage	Wirtschaftswachstum**	2	[keine Angabe]	0	2
positives Innovationsklima		2	ja	2	0	
finanzieller Spielraum (öffentliche Hand / PPP)**		3	[keine Angabe]	0	3	
Tourismus	hohe Gästezahlen	4	ja	4	0	
				14	8	6
				100%		
* kann auch Nachteil sein						
** begünstigt ÖPNV-Ausbau insgesamt						
			Ergebnis:	26		
			Eignung:	74%		
			Einschätzung:	gute Voraussetzungen		
			Aussagekraft:	80%		

Abbildung 7-4: Checkliste der begünstigenden Faktoren - Bath; eigene Darstellung

Die Schnelleinschätzung anhand der Excel-Checkliste ergibt für Bath eine Eignung von 74 Prozent und bescheinigt der Stadt damit grundsätzlich gute Voraussetzungen für eine Luftseilbahn.

7.1.2.2 Bristol



Abbildung 7-5: Clifton Suspension Bridge mit Bristol im Hintergrund. Quelle: http://www.thefixmagazine.com/index/wp-content/uploads/2014/11/origin_5465255723.jpg

Die englische Stadt Bristol hat rund 430.000 Einwohner und liegt knappe zehn Kilometer von der Küste entfernt. Im Jahr 2008, also noch vor der Realisierung der Londoner Umlaufbahn, gab es einen Vorschlag für eine Luftseilbahn vom Bahnhof entlang des Hafengebietes in den etwas höher gelegenen Stadtteil Clifton.⁸²

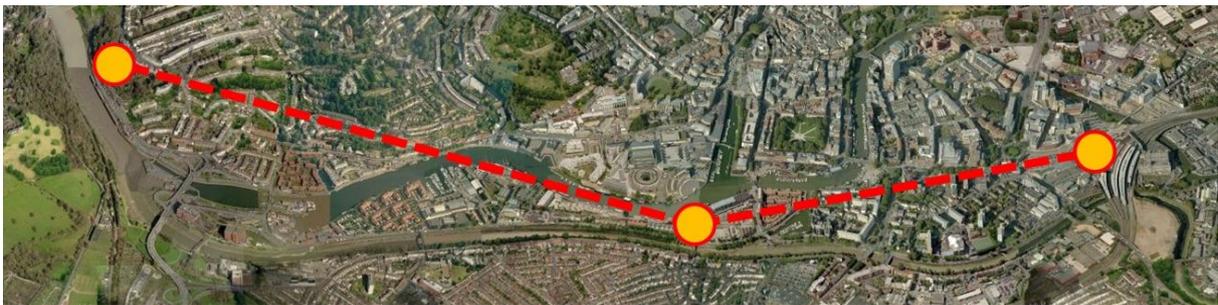


Abbildung 7-6: Mögliche Seilbahntrasse in Bristol. Quelle: Bing Maps; eigene Bearbeitung

Strukturelle Standortfaktoren

Das Stadtgebiet, das durch mehrere kleine Erhebungen geprägt ist, wird vom Fluss Avon und einem parallel verlaufenden Kanal durchzogen. Die Wasserflächen sind daher recht ausgeprägt. Bristol ist im Wachsen begriffen: die Einwohnerzahl stieg von 2010 bis 2012 um 2,2 Prozent.⁸³

Die 2008 angedachte Seilbahntrasse verläuft vor allem durch das Hafengebiet und liegt damit leicht abseits des dicht bebauten Stadtzentrums. Mit dem Bahnhof auf der einen Seite und der Touristenattraktion Clifton Suspension Bridge am anderen Ende der vorgeschlagenen Trasse wären jedoch relevante Quell- und Zielgebiete gegeben.

⁸² vgl. Atkins, 2008

⁸³ vgl. Eurostat, 2015 b

Der ÖPNV besteht aus einem relativ dichten Netz von Buslinien, das auch drei leistungsfähige BRT-Linien beinhaltet.⁸⁴ Die Straßen sind stark überlastet: die Stauquote auf den innerstädtischen Straßen liegt bei 39 Prozent und damit so hoch wie nur in wenigen anderen britischen Städten.⁸⁵

Politische und ökonomische Rahmenbedingungen

Bristol wurde 2015 als "European Green Capital" ausgezeichnet, da stark in die Verbesserung des Transportsystems und in erneuerbare Energien investiert wurde. Insofern kann die Stadt durchaus als innovationsfreudig bezeichnet werden. Auch die städtische Wirtschaft entwickelt sich positiv: Zwischen 2013 und 2014 war Bristol landesweit eine der Städte mit den meisten Unternehmensneugründungen.⁸⁶ Der Tourismus ist aufgrund der knapp 450.000 ausländischen Besucher pro Jahr (2014)⁸⁷ ein bedeutender Faktor.

⁸⁴ vgl. Bristol City Council

⁸⁵ vgl. TomTom International BV, 2015

⁸⁶ vgl. Mead, 2015

⁸⁷ vgl. Office for National Statistics, 2015

UNTERSUCHTE STADT: BRISTOL					
Strukturelle Standortfaktoren					
Themenbereich	Faktor	Gewichtung	vorhanden?	Punkte	k. A.
Topographie	Höhenunterschiede	5	ja	5	0
	Gewässer	4	ja	4	0
	Infrastruktur mit Trennwirkung	3	nein	0	0
Siedlungsstruktur	hoher Anteil an bebauter Grundfläche*	2	nein	0	0
	Polyzentrische Struktur (potentielle Quell- und Zielgebiete)	3	ja	3	0
	Stadtwachstum**	2	ja	2	0
	Lücken im ÖPNV-Netz**	3	[keine Angabe]	0	3
Verkehrssystem	geringe Anzahl unterschiedlicher öffentlicher Verkehrsträger in Verwendung (1-2)	1	ja	1	0
	umständliche Straßenverbindung (Umweg)	4	nein	0	0
	überlastetes Straßennetz	3	ja	3	0
		30		18	3
				67%	
Politische und ökonomische Rahmenbedingungen					
Themenbereich	Faktor	Gewichtung	vorhanden?	Punkte	k. A.
Verkehrspolitik	mangelnde Kundenzufriedenheit				
	ÖPNV**	1	[keine Angabe]	0	1
	Bereitschaft für innovative Verkehrsträger	2	ja	2	0
Städtische Wirtschaftslage	Wirtschaftswachstum**	2	ja	2	0
	positives Innovationsklima	2	ja	2	0
	finanzieller Spielraum (öffentliche Hand / PPP)**	3	ja	3	0
Tourismus	hohe Gästezahlen	4	ja	4	0
				14	13
				100%	1
* kann auch Nachteil sein					
** begünstigt ÖPNV-Ausbau insgesamt					
			Ergebnis:	31	
			Eignung:	78%	
			Einschätzung:	gute Voraussetzungen	
			Aussagekraft:	91%	

Abbildung 7-7: Checkliste der begünstigenden Faktoren - Bristol; eigene Darstellung

Die Schnelleinschätzung anhand der Excel-Checkliste ergibt für Bristol eine Eignung von 78 Prozent und bescheinigt der Stadt damit grundsätzlich gute Voraussetzungen für eine Luftseilbahn.

7.1.2.3 Cardiff



Abbildung 7-8: Cardiff und die Cardiff Bay. Quelle: <http://www.webbaviation.co.uk/gallery/d/60883-2/CardiffBay-ic30307.jpg>

Cardiff, am Bristol-Kanal gelegen, ist die Hauptstadt von Wales und hat rund 350.000 Einwohner. Auch hier hat man sich über urbane Seilbahnen Gedanken gemacht: Im Frühjahr 2015 stellte der lokale Wirtschaftsverband *Cardiff Business Council* Pläne für die Errichtung einer Luftseilbahn vom Bahnhof über die Cardiff Bay nach Penarth vor.⁸⁸



Abbildung 7-9: Mögliche Seilbahntrasse in Cardiff. Quelle: Bing Maps; eigene Bearbeitung

Strukturelle Standortfaktoren

Da Cardiff an der Mündung des Flusses Taff in das Meer liegt, sind große Wasserflächen vorhanden. Der Nachbarort Penarth ist leicht erhöht gelegen, sodass Höhenunterschiede ebenfalls gegeben sind. Am Standort ist die Siedlungsdichte nicht besonders hoch, da es sich teilweise um Hafensareale und Grünzonen handelt. Die Stadt wächst jedoch relativ stark: Von 2010 bis 2012 betrug das Bevölkerungswachstum, gleich wie in Bristol, 2,2 Prozent.⁸⁹ Das widerspiegelt sich in Stadtentwicklungsprojekten: In unmittelbarer Nähe des Bahnhofs sind größere Bauvorhaben im Gang; auch in der Cardiff Bay befindet sich ein größeres Stadtentwicklungsgebiet. Daher ist in Zukunft mit einem höheren Verkehrsaufkommen zu rechnen.

⁸⁸ vgl. Morris & Clark, 2015

⁸⁹ vgl. Eurostat, 2015 b

Im städtischen ÖPNV sind konventionelle Busse im Einsatz. Die Straßenverbindungen sind aufgrund der Gewässer in vielen Fällen umwegbehaftet. Die Stauquote im örtlichen Straßennetz (ausgenommen Autobahnen) liegt bei 33 Prozent.⁹⁰

Politische und ökonomische Rahmenbedingungen

Mit dem derzeitigen ÖPNV-Angebot sind 76 Prozent der Bevölkerung zufrieden, dennoch benutzen nur rund 18 Prozent den ÖPNV, um zur Arbeit zu kommen.⁹¹ Da es, wie bereits erwähnt, einen Projektvorschlag für eine Seilbahn in Cardiff gibt, scheint ein gewisses Interesse für innovative Verkehrsträger vorhanden zu sein. Die walisische Hauptstadt ist zudem unter den hundert europäischen Städten mit dem höchsten Innovationsindex zu finden.⁹²

Auch der finanzielle Spielraum für eine Seilbahn könnte gegeben sein, da möglicherweise Mittel der geplanten staatlichen Sonderfinanzierung namens "City Deal" verwendet werden können.⁹³

Cardiff liegt im Vergleich der britischen Städte mit rund 300.000 Besuchern (aus dem Ausland) pro Jahr auf Rang 13, was den Tourismus anbelangt.⁹⁴ Insofern ist die Stadt durchaus als touristisch zu bezeichnen. Die potenzielle Seilbahntrasse deckt die wichtigsten touristischen Orte der Stadt ab.

⁹⁰ vgl. TomTom International BV, 2015

⁹¹ vgl. Eurostat, 2015 c

⁹² vgl. 2thinknow, 2014

⁹³ vgl. Morris & Clark, 2015

⁹⁴ vgl. Office for National Statistics, 2015

UNTERSUCHTE STADT: CARDIFF					
Strukturelle Standortfaktoren					
Themenbereich	Faktor	Gewichtung	vorhanden?	Punkte	k. A.
Topographie	Höhenunterschiede	5	ja	5	0
	Gewässer	4	ja	4	0
	Infrastruktur mit Trennwirkung	3	nein	0	0
Siedlungsstruktur	hoher Anteil an bebauter Grundfläche*	2	nein	0	0
	Polyzentrische Struktur (potentielle Quell- und Zielgebiete)	3	ja	3	0
	Stadtwachstum**	2	ja	2	0
	Lücken im ÖPNV-Netz**	3	[keine Angabe]	0	3
Verkehrssystem	geringe Anzahl unterschiedlicher öffentlicher Verkehrsträger in Verwendung (1-2)	1	ja	1	0
	umständliche Straßenverbindung (Umweg)	4	ja	4	0
	überlastetes Straßennetz	3	ja	3	0
		30		22	3
				81%	
Politische und ökonomische Rahmenbedingungen					
Themenbereich	Faktor	Gewichtung	vorhanden?	Punkte	k. A.
Verkehrspolitik	mangelnde Kundenzufriedenheit ÖPNV**	1	nein	0	0
	Bereitschaft für innovative Verkehrsträger	2	ja	2	0
Städtische Wirtschaftslage	Wirtschaftswachstum**	2	[keine Angabe]	0	2
	positives Innovationsklima	2	ja	2	0
	finanzieller Spielraum (öffentliche Hand / PPP)**	3	ja	3	0
Tourismus	hohe Gästezahlen	4	ja	4	0
				14	11
				92%	2
* kann auch Nachteil sein					
** begünstigt ÖPNV-Ausbau insgesamt					
				Ergebnis:	33
				Eignung:	85%
				Einschätzung:	sehr gute Voraussetzungen
				Aussagekraft:	89%

Abbildung 7-10: Checkliste der begünstigenden Faktoren - Cardiff; eigene Darstellung

Die Schnelleinschätzung anhand der Excel-Checkliste ergibt für Cardiff eine Eignung von 85 Prozent und bescheinigt der Stadt damit grundsätzlich sehr gute Voraussetzungen für eine Luftseilbahn.

7.1.2.4 Edinburgh



Abbildung 7-11: Edinburgh. Quelle: http://i0.wp.com/www.wimdu.com/blog/wp-content/uploads/2015/04/iStock_000039307192_Large.jpg?resize=1250%2C400

Die Hauptstadt Schottlands hat knapp eine halbe Million Einwohner und liegt an der Ostküste des Landes.

Strukturelle Standortfaktoren

Edinburgh, das in leicht hügeligem Gebiet liegt, weist innerhalb des Stadtgebietes nur einen relativ schmalen Fluss auf; das Meer ist jedoch nur rund drei Kilometer vom Stadtzentrum entfernt. Die schottische Hauptstadt ist eine der am schnellsten wachsenden Städte Großbritanniens, von 2010 bis 2012 stieg die Einwohnerzahl um 2,9 Prozent.⁹⁵

Der ÖPNV besteht hauptsächlich aus Buslinien, seit kurzem ist auch eine Straßenbahnlinie in Betrieb. Die Stauquote auf den städtischen Straßen (außer Autobahnen) ist wie in Bristol mit 39 Prozent sehr hoch.⁹⁶

Politische und ökonomische Rahmenbedingungen

Die Wirtschaft in Edinburgh hat sich in den letzten Jahren sehr gut entwickelt und landete im *Good Growth Index* sowie im Innovationsindex der britischen Städte jeweils auf Rang drei.⁹⁷

Ein äußerst wichtiger Wirtschaftsfaktor ist der Tourismus: Edinburgh ist nach London mit über 1,5 Millionen Gästen aus dem Ausland pro Jahr die zweitbeliebteste Destination des Landes.⁹⁸ Das Stadtzentrum ist wie Bath zum Teil UNESCO-Weltkulturerbe; Bauvorhaben wie die Errichtung einer Seilbahn sind daher wahrscheinlich mit Schwierigkeiten verbunden.

⁹⁵ vgl. Eurostat, 2015 b

⁹⁶ vgl. TomTom International BV, 2015

⁹⁷ vgl. Titcomb, 2013; 2thinknow, 2014

⁹⁸ vgl. Office for National Statistics, 2015

UNTERSUCHTE STADT: EDINBURGH					
Strukturelle Standortfaktoren					
Themenbereich	Faktor	Gewichtung	vorhanden?	Punkte	k. A.
Topographie	Höhenunterschiede	5	ja	5	0
	Gewässer	4	ja	4	0
	Infrastruktur mit Trennwirkung	3	nein	0	0
Siedlungsstruktur	hoher Anteil an bebauter Grundfläche*	2	[keine Angabe]	0	2
	Polyzentrische Struktur (potentielle Quell- und Zielgebiete)	3	[keine Angabe]	0	3
	Stadtwachstum**	2	ja	2	0
	Lücken im ÖPNV-Netz**	3	[keine Angabe]	0	3
Verkehrssystem	geringe Anzahl unterschiedlicher öffentlicher Verkehrsträger in Verwendung (1-2)	1	ja	1	0
	umständliche Straßenverbindung (Umweg)	4	nein	0	0
	überlastetes Straßennetz	3	ja	3	0
		30		15	8
				68%	
Politische und ökonomische Rahmenbedingungen					
Themenbereich	Faktor	Gewichtung	vorhanden?	Punkte	k. A.
Verkehrspolitik	mangelnde Kundenzufriedenheit ÖPNV**	1	[keine Angabe]	0	1
	Bereitschaft für innovative Verkehrsträger	2	[keine Angabe]	0	2
	Städtische Wirtschaftslage	2	ja	2	0
	Wirtschaftswachstum**	2	ja	2	0
	positives Innovationsklima	2	ja	2	0
Tourismus	finanzieller Spielraum (öffentliche Hand / PPP)**	3	[keine Angabe]	0	3
	hohe Gästezahlen	4	ja	4	0
				14	8
				100%	6
* kann auch Nachteil sein					
** begünstigt ÖPNV-Ausbau insgesamt					
			Ergebnis:	23	
			Eignung:	77%	
			Einschätzung:	gute Voraussetzungen	
			Aussagekraft:	68%	

Abbildung 7-12: Checkliste der begünstigenden Faktoren - Edinburgh; eigene Darstellung

Die Schnelleinschätzung anhand der Excel-Checkliste ergibt für Edinburgh eine Eignung von 77 Prozent und bescheinigt der Stadt damit grundsätzlich gute Voraussetzungen für eine Luftseilbahn. Die Aussagekraft ist allerdings etwas beschränkt, da einerseits für manche strukturelle Faktoren (Siedlungsdichte, polyzentrische Struktur, Lücken im ÖPNV-Netz) ein konkreter Standort untersucht werden müsste und andererseits aufgrund mangelnder (in Rahmen dieser Arbeit abrufbarer) Informationen keine Angaben zu verkehrspolitischen Faktoren und zum finanziellen Spielraum gemacht werden konnten.

7.1.2.5 Southampton



Abbildung 7-13: Southampton und sein Hafengebiet. Quelle: <http://www.webbaviation.co.uk/southampton/southampton.jpg>

Southampton liegt an der englischen Südküste und hat rund gut 250.000 Einwohner.

Strukturelle Standortfaktoren

Auch wenn es im gesamten *district* Höhenunterschiede gibt, ist das Stadtgebiet von Southampton relativ eben. Dafür sind ausgedehnte Wasserflächen vorhanden; die Anlegestellen für die zahlreichen Fähr- und Kreuzfahrtschiffe stellen potenzielle Quell- und Zielgebiete dar. Damit ähnelt Southampton der benachbarten Stadt Portsmouth.

Die Stadt weist mit einem Bevölkerungsplus von 2,6 Prozent zwischen den Jahren 2010 und 2012 ein starkes Wachstum auf.⁹⁹

Der ÖPNV besteht aus mehreren Buslinien, die von verschiedenen Betreibergesellschaften geführt werden, sowie kleinen lokalen Fähren. Durch die großen Wasserflächen sind die Straßenverbindungen oftmals umwegbehaftet. Zudem sind die Straßen auch in Southampton mit einer Stauquote von 34 Prozent regelmäßig überlastet.

Politische und ökonomische Rahmenbedingungen

Wie Edinburgh scheint auch Southampton im Ranking des "Good Growth Index" unter den ersten Plätzen auf. Im Innovationsindex von *2thinknow* ist die Stadt hingegen nicht zu finden.

Southampton hat mit seinen rund 170.000 ausländischen jährlichen Besuchern touristische Bedeutung, vor allem aufgrund des regen Schiffsverkehrs.

⁹⁹ vgl. Eurostat, 2015 b

UNTERSUCHTE STADT: SOUTHAMPTON					
Strukturelle Standortfaktoren					
Themenbereich	Faktor	Gewichtung	vorhanden?	Punkte	k. A.
Topographie	Höhenunterschiede	5	nein	0	0
	Gewässer	4	ja	4	0
	Infrastruktur mit Trennwirkung	3	[keine Angabe]	0	3
Siedlungsstruktur	hoher Anteil an bebauter Grundfläche*	2	[keine Angabe]	0	2
	Polyzentrische Struktur (potentielle Quell- und Zielgebiete)	3	ja	3	0
	Stadtwachstum**	2	ja	2	0
	Lücken im ÖPNV-Netz**	3	[keine Angabe]	0	3
Verkehrssystem	geringe Anzahl unterschiedlicher öffentlicher Verkehrsträger in Verwendung (1-2)	1	ja	1	0
	umständliche Straßenverbindung (Umweg)	4	ja	4	0
	überlastetes Straßennetz	3	ja	3	0
		30		17	8
				77%	
Politische und ökonomische Rahmenbedingungen					
Themenbereich	Faktor	Gewichtung	vorhanden?	Punkte	k. A.
Verkehrspolitik	mangelnde Kundenzufriedenheit ÖPNV**	1	[keine Angabe]	0	1
	Bereitschaft für innovative Verkehrsträger	2	[keine Angabe]	0	2
	Städtische Wirtschaftslage	2	ja	2	0
	Wirtschaftswachstum**	2	[keine Angabe]	0	2
	positives Innovationsklima	2	[keine Angabe]	0	2
	finanzieller Spielraum (öffentliche Hand / PPP)**	3	[keine Angabe]	0	3
	Tourismus	4	ja	4	0
				14	8
				6	100%
* kann auch Nachteil sein					
** begünstigt ÖPNV-Ausbau insgesamt					
			Ergebnis:	23	
			Eignung:	82%	
			Einschätzung:	sehr gute Voraussetzungen	
			Aussagekraft:	64%	

Abbildung 7-14: Checkliste der begünstigenden Faktoren - Southampton; eigene Darstellung

Die Schnelleinschätzung anhand der Excel-Checkliste ergibt für Southampton eine Eignung von 82 Prozent und bescheinigt der Stadt damit grundsätzlich sehr gute Voraussetzungen für eine Luftseilbahn. Die Aussagekraft ist allerdings auch hier beschränkt, da manche strukturellen Standortfaktoren mangels konkreten Trassenvorschlags nicht untersucht werden konnten und für mehrere politische und ökonomische Rahmenbedingungen keine Informationen ermittelt werden konnten.

7.2 Grobanalyse von Angebot und Nachfrage: Cardiff (Analysebeispiele)



Abbildung 7-15: Potenzielle Standorte für Seilbahnstationen in Cardiff: Hauptbahnhof/Central Square, Cardiff Bay, Penarth (unten, im Hintergrund); eigene Fotos

Die walisische Hauptstadt Cardiff, die mit einer Eignung von 85 Prozent in der Voranalyse am besten bewertet wurde, wird im vorliegenden Kapitel etwas genauer untersucht. Im Zuge der Recherchen zur Diplomarbeit wurde auch ein Lokalausgensein in Cardiff durchgeführt.

Wie bereits erwähnt, wird im Rahmen der Grobanalyse von Angebot und Nachfrage mit Hilfe von GIS analysiert, welches Angebot an öffentlichen Verkehrsmitteln es am Standort gibt, welche Lücken das ÖPNV-Netz aufweist und welches Nachfragepotenzial die geplante neue Seilbahnverbindung abdecken könnte.

Die benötigten Daten sind im Regelfall nicht zu hundert Prozent verfügbar, teilweise können Sie jedoch über Umwege generiert werden. Für die vorliegende Grobanalyse wurden beispielsweise die ÖPNV-Haltestellen sowie die Gebäude aus *OpenStreetMap* extrahiert (Vorgangsweise siehe Anhang).

Das Untersuchungsgebiet wurde mit einem Puffer von 1,5 Kilometern um die potenzielle Seilbahntrasse definiert.

7.2.1 Ermittlung der nicht erschlossenen Gebäude

Zuerst wurden die Einzugsbereiche der Bushaltestellen (laut Tabelle 6-b) modelliert, um die nicht durch den ÖPNV erschlossenen Gebäude zu ermitteln.

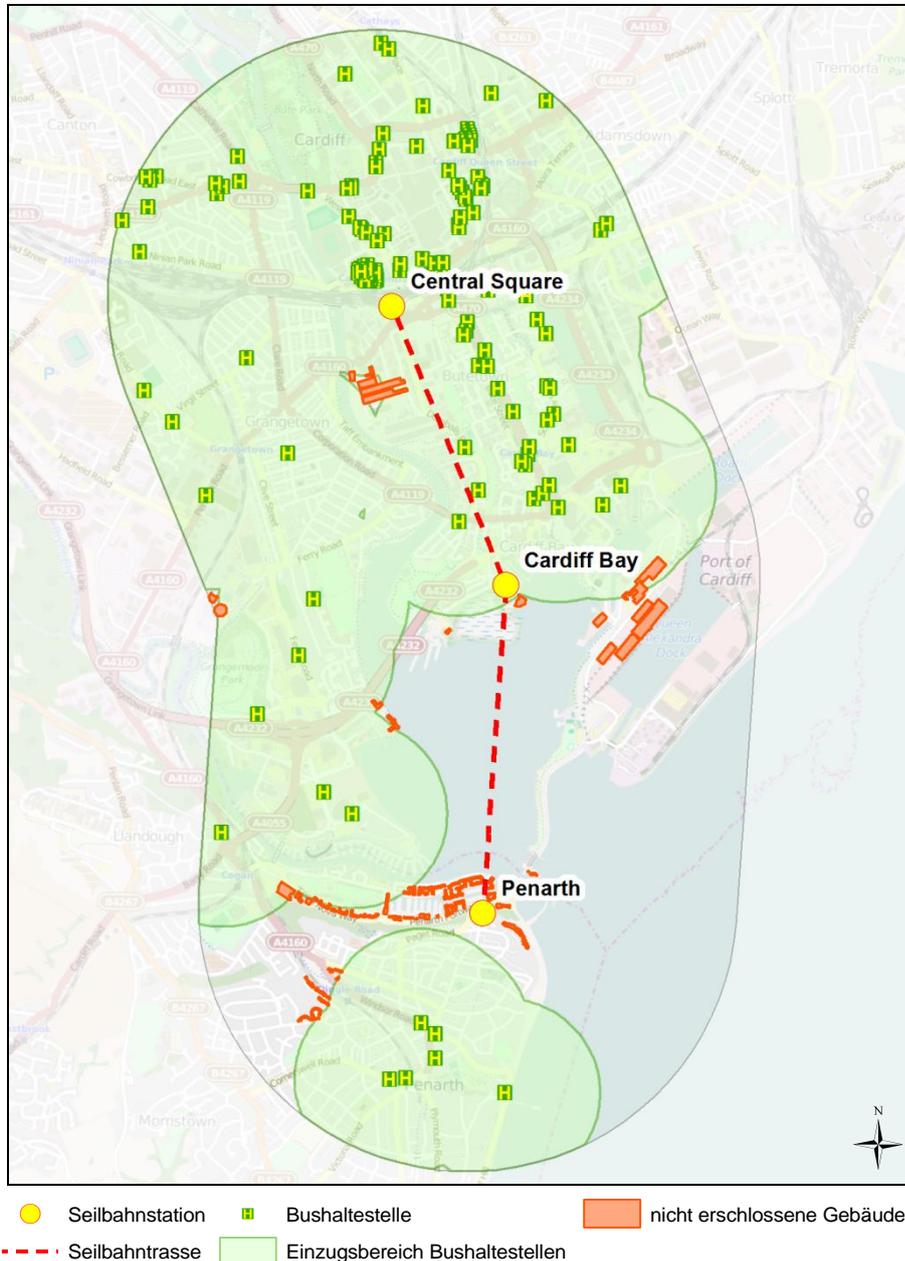
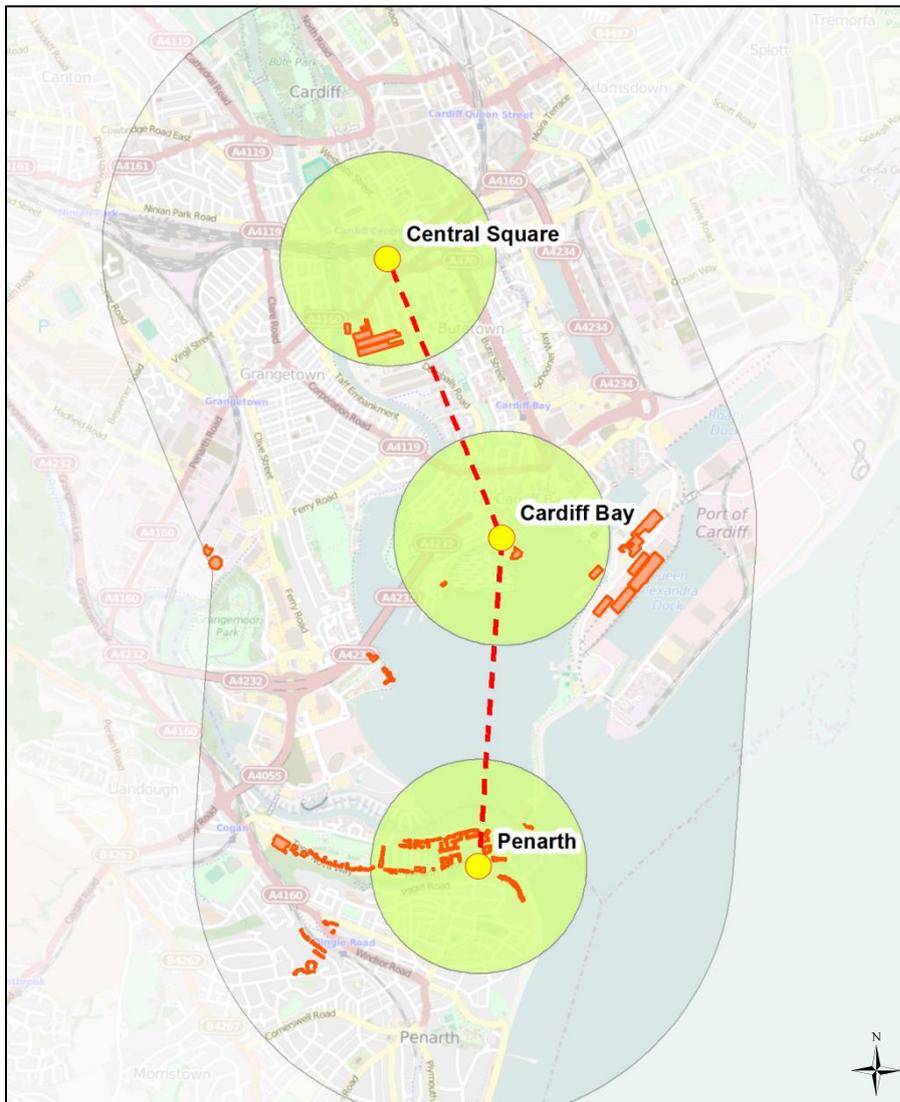


Abbildung 7-16: Ermittlung der nicht durch den ÖPNV erschlossenen Gebäude in der Nähe der potenziellen Seilbahnstationen (maßstabslos); eigene Darstellung unter Verwendung von OpenStreetMap-Daten

Wie in der obigen Karte ersichtlich wird, sind im Umkreis der Station "Central Square" nur wenige Gebäude(teile) weiter als 530 Meter von der nächsten Bushaltestelle entfernt; sie sind orange markiert. In Cardiff Bay sind einige Gebäude im Hafenbereich nicht angeschlossen. Im eher dünn besiedelten Penarth gibt es hingegen im Umkreis von rund einem Kilometer um die potenzielle Seilbahnstation überhaupt keine Bushaltestellen, sodass viele Gebäude im dortigen Hafenbereich nicht über eine ÖPNV-Anbindung verfügen.

Insofern deckt bereits diese sehr einfache Analyse ein ÖV-Defizit in Penarth auf, das durch eine Seilbahn ausgeglichen werden könnte. Zu beachten ist jedoch, dass manche nicht erschlossenen Gebäude nicht erfasst wurden, da die Datengrundlage der Gebäude unvollständig ist.



- Seilbahnstation ■ Einzugsbereich Seilbahnstationen
- - - Seilbahntrasse ■ bisher nicht erschlossene Gebäude

Abbildung 7-17: Einzugsbereiche der potenziellen Seilbahnstationen (maßstabslos): eigene Darstellung unter Verwendung von OpenStreetMap-Daten

Wie die obige Karte zeigt, würden viele der bisher schlecht angebotenen Gebiete, vor allem in Penarth, von einer Seilbahnverbindung profitieren: mehr als 50 Prozent der im Planungsnullfall nicht erschlossenen Gebäude würden durch eine Seilbahn an das städtische ÖPNV-Netz angeschlossen sein.

7.2.2 Ermittlung der Einwohner im Einzugsbereich der geplanten Seilbahnstationen

Durch Überlagerung der Einzugsbereiche der bisherigen ÖPNV-Haltestellen mit jener der potenziellen Seilbahnstationen können jene Gebiete ermittelt werden, die durch die Seilbahn neu an das ÖPNV-Netz angeschlossen würden:

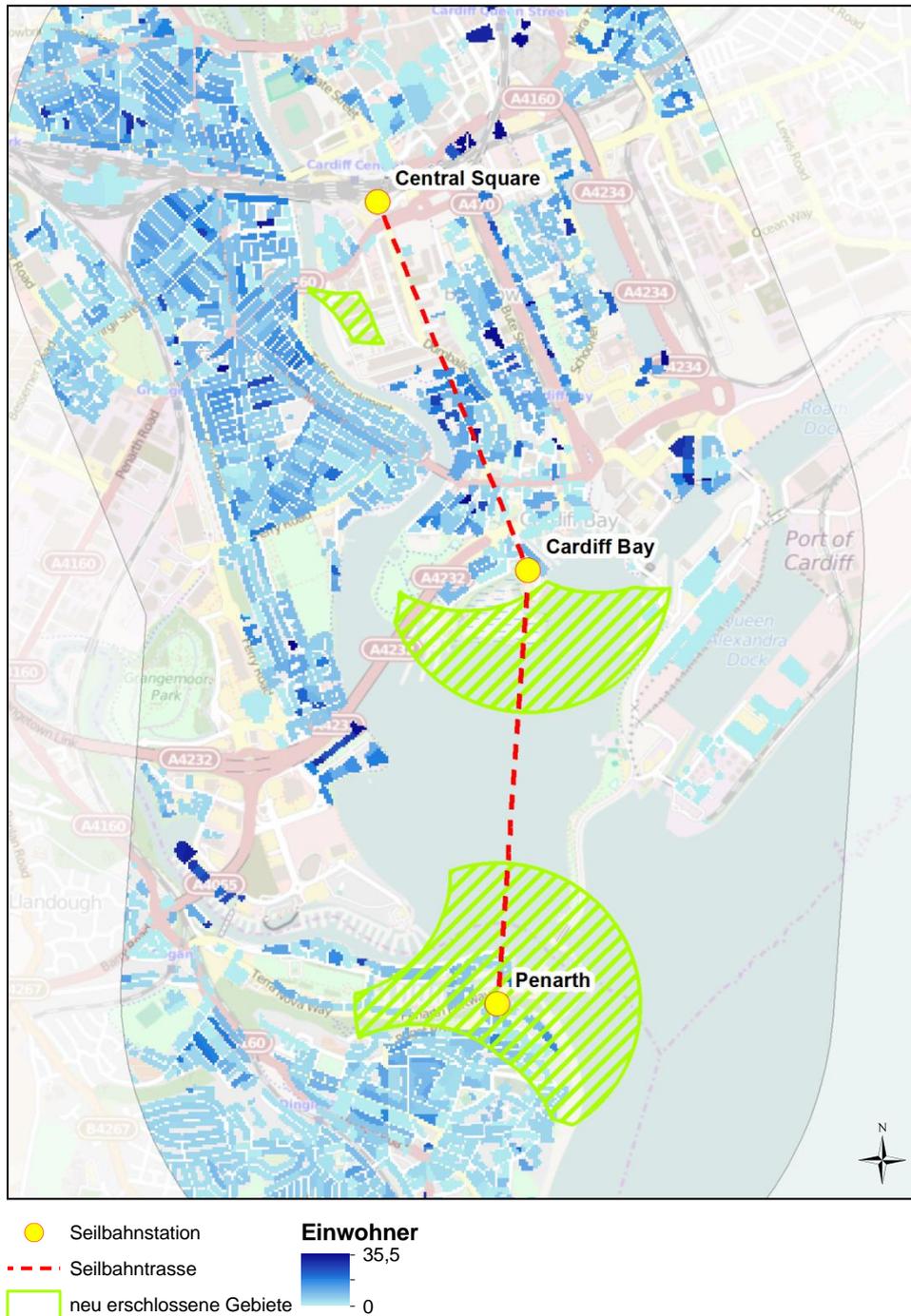


Abbildung 7-18: Durch die Seilbahn neu an den ÖPNV angeschlossene Gebiete (maßstabslos); eigene Darstellung unter Verwendung von OpenStreetMap- und OpenPopGrid-Daten

Auf Basis der Einwohner-Rasterdaten von *OpenPopGrid* kann nun die Zahl der Einwohner berechnet werden, die durch die Seilbahn neu an das städtische ÖPNV-Netz angebunden sein würden (Vorgangsweise siehe Anhang).

Die GIS-Analyse zeigt, dass in Penarth rund 1.250 Einwohner im neu erschlossenen Gebiet leben und somit von einer Seilbahn besonders profitieren würden. In den bisher nicht erschlossenen Gebieten in Cardiff Bay und südlich des Central Square wohnen hingegen keine Menschen.

Zudem können die gesamten Einwohner in den Einzugsbereichen der potenziellen Seilbahnstationen (also jeweils im Umkreis von 600 Metern) ermittelt werden. Die (gerundeten) Ergebnisse lauten:

Potenzielle Seilbahnstation	Anzahl Einwohner im Einzugsbereich (Luftlinie)
Central Square	4.330
Cardiff Bay	2.320
Penarth	3.340
SUMME	9.990

Tabelle 7-a: Einwohner im Einzugsbereich der potenziellen Seilbahnstationen; eigene Berechnung unter Verwendung von OpenPopGrid-Daten

7.2.3 Grobe Abschätzung des Nachfragepotenzials

Einwohner

Die Seilbahn würde laut Tabelle 7-a fast 10.000 Einwohner von Cardiff erreichen. Um die Zahl der potenziellen Nutzer jedoch realistischer abzuschätzen, muss das Gesamtpotenzial an Einwohnern um den Reisezeitwiderstand bereinigt werden. Daher empfiehlt sich eine Differenzierung der "Anziehungskraft" der Stationen nach der Entfernung zum Wohnort, wie auf der folgenden Karte abgebildet.

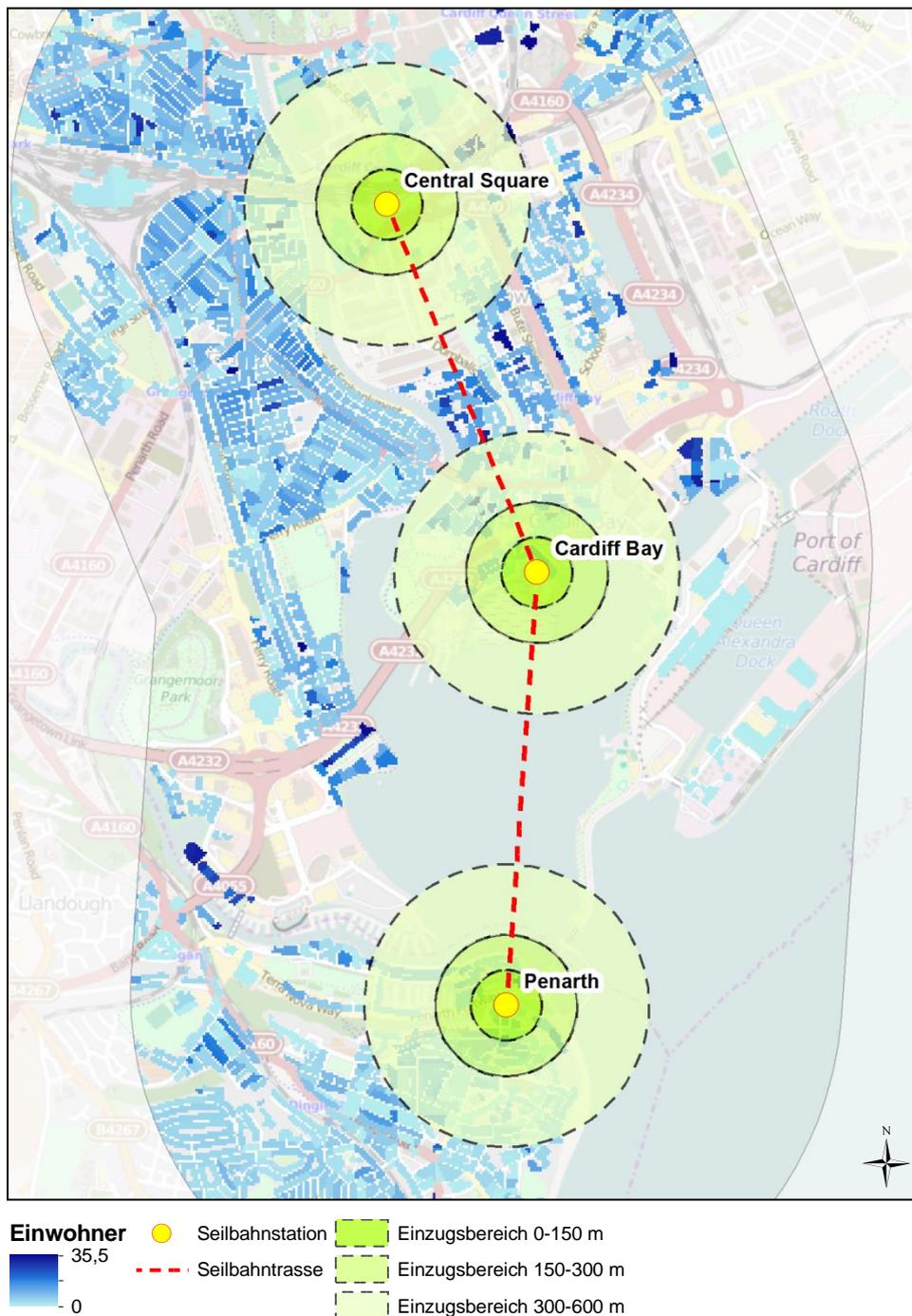


Tabelle 7-b: Dreigeteilte Einzugsbereiche der potenziellen Seilbahnstationen (maßstabslos); eigene Darstellung unter Verwendung von OpenStreetMap- und OpenPopGrid-Daten

Dazu werden die Einzugsbereiche, wie in Kapitel 6.2 beschrieben, dreigeteilt und die Einwohnerzahlen der Teilbereiche mit den entsprechenden Faktoren (in Anlehnung an Jermann¹⁰⁰ mit 0,8; 0,5 bzw. 0,25) multipliziert. Das bedeutet: Je weiter entfernt die Menschen von den Seilbahnstationen wohnen, desto geringer ist die Wahrscheinlichkeit, dass sie die Seilbahn nutzen werden.

Da, wie in Tabelle 7-c ersichtlich, der überwiegende Teil der Menschen in den Einzugsbereichen weiter als 300 Meter von der nächsten Seilbahnstation entfernt wohnt, ist die Zahl der potenziellen Nutzer (hier mit Fahrten pro Tag gleichgestellt) deutlich niedriger als die Gesamtzahl der Einwohner in den Einzugsbereichen.

Teil Einzugsbereich	Einwohner in den Einzugsbereichen				potenzielle Fahrten von Einwohnern pro Tag	
	Central Square	Cardiff Bay	Penarth	alle	Faktor	Anzahl
0 - 150 m	1	147	264	412	0,8	329,6
150 - 300 m	107	349	894	1.350	0,5	675
300 - 600 m	4.221	1.828	2.168	8.217	0,25	2.054,25
SUMME	4.329	2.324	3.326	9.979		3.058,85

Tabelle 7-c: Berechnung der potenziellen Nutzer der Seilbahn, die im Einzugsgebiet wohnen; eigene Berechnung unter Verwendung von OpenPopGrid-Daten

Es kann also mit rund 3.060 potenziellen Fahrten von Menschen, die in den Einzugsbereichen der Seilbahnstationen wohnen, gerechnet werden. In dieser Berechnung sind jedoch nur die Einwohner enthalten.

Beschäftigte

Für die Beschäftigten bzw. Arbeitsplätze lagen keine derart detaillierten Daten wie für die Einwohner vor. Die Beschäftigtenzahlen waren jedoch für die kleinste Bezugseinheit der Volkszählung, die *workplace zones* (Durchschnittsgröße: 520 Beschäftigte), vorhanden. Der räumliche Verteilungsschwerpunkt einer jeden *workplace zone* lag zudem als Geodatensatz vor. Damit konnten die Beschäftigten grob erfasst werden. Aufgrund der räumlich ungenauen Daten erfolgt keine Dreiteilung des Einzugsbereichs.

Teil Einzugsbereich	Beschäftigte in den Einzugsbereichen inkl. der dort wohnhaften Beschäftigten			
	Central Square	Cardiff Bay	Penarth	alle
0 - 600 m	19.780	4.459	651	24.890

Tabelle 7-d: Berechnung der potenziellen Nutzer der Seilbahn, die im Einzugsgebiet arbeiten; eigene Berechnung unter Verwendung von Daten von data.gov.uk und Office for National Statistics

Unter der Annahme, dass zehn Prozent der Einwohner, die in den Einzugsbereichen wohnen, auch ihren Arbeitsplatz in einem der Einzugsbereiche der potenziellen Seilbahnstationen haben (und damit in den Be-

¹⁰⁰ vgl. Jermann, 2002, S. 4

rechnungen doppelt gezählt werden), werden von den 24.890 Beschäftigten 998 Menschen abgezogen. Damit kommt man auf eine Zahl von rund 23.900 Beschäftigten, die nicht innerhalb der Einzugsbereiche wohnen.

Teil Einzugsbereich	Beschäftigte in den Einzugsbereichen ohne die dort wohnhaften Beschäftigten				potenzielle Fahrten von Beschäftigten pro Tag	
	Central Square	Cardiff Bay	Penarth	alle	Faktor	Anzahl
0 - 600 m	19.347	4.227	318	23.892	0,1	2.389

Tabelle 7-e: Berechnung der potenziellen Nutzer der Seilbahn, die im Einzugsgebiet arbeiten, aber nicht wohnen; eigene Berechnung unter Verwendung von Daten von data.gov.uk und Office for National Statistics

Da keine kleinräumigen Informationen zu den Pendlerströmen vorlagen, war es schwierig, die potenzielle Nutzungshäufigkeit der Seilbahn durch einen Beschäftigten abzuschätzen. Hier wird davon ausgegangen, dass 10 Prozent der Beschäftigten im Schnitt eine Fahrt pro Tag mit der Seilbahn machen werden. Damit kommt man auf knapp 2.400 tägliche Seilbahnfahrten von Beschäftigten.

Touristen

Einwohner und Beschäftigte sind die wichtigsten Eingangsgrößen für die Abschätzung des Nachfragepotenzials. Im Falle einer urbanen Seilbahn sind jedoch auch Touristen wichtige potenzielle Nutzer. Da es hierzu in der Regel keine detaillierten Geodaten gibt, können statistische Daten herangezogen werden. Das Nachfragepotenzial wird dabei anhand der Gesamtzahl der jährlichen Touristen abgeschätzt. Dazu muss das Ausmaß der Aktivierbarkeit für die Nutzung der Seilbahn (in Prozent der Gesamtzahl an Personen) sowie der Grad der Mobilisierbarkeit (in Nutzungen pro Jahr) definiert werden.

Die Gesamtzahl der Besucher kann mit einer Aktivierbarkeit von 60 Prozent und einer Mobilisierbarkeit von 0,58 multipliziert werden.¹⁰¹

Für Cardiff, das im Jahr 2014 knapp 300.000 Besucher aufgewiesen hat,¹⁰² würde dies etwa 104.400 touristische Nutzer der Seilbahn pro Jahr bedeuten. Wenn man davon ausgeht, dass ca. 90 Prozent davon sowohl Hin- als auch Rückfahrt, also zwei Fahrten, machen, kommt man auf 198.360 touristische Fahrten pro Jahr bzw. 543 pro Tag.

¹⁰¹ vgl. Input Projektentwicklungs GmbH, 2014, S. 12

¹⁰² vgl. Office for National Statistics, 2015

Weitere potenzielle Nutzer

Falls es in den Einzugsbereichen große verkehrserzeugende Einrichtungen wie Universitäten, Einkaufszentren oder Freizeit- und Erholungseinrichtungen gibt, sollten auch diese berücksichtigt werden. Die durch diese Einrichtungen generierten Nutzer zu quantifizieren, ist sehr schwierig, auch wenn es dazu einige Ansätze gibt (s. Kapitel 6.2). In der gegenständlichen Untersuchung wird aufgrund mehrerer verkehrserzeugender "Points of Interest" (*Millennium Stadium*, mehrere innerstädtische Einkaufszentren sowie weitere Freizeiteinrichtungen) die erwartete Nutzerzahl pauschal um zehn Prozent erhöht.

Nutzergruppe	geschätzte Personenfahrten pro Tag
Einwohner	3.059
Beschäftigte	2.389
Touristen	543
Zwischensumme	5.991
Verkehrserzeugende Einrichtungen (10 %)	599
SUMME	6.590

Tabelle 7-f: Geschätzte tägliche Nutzer der potenziellen Seilbahn in Cardiff; eigene Berechnung unter Verwendung von Daten von Open-PopGrid, data.gov.uk und Office for National Statistics

Das Endergebnis der Berechnung beträgt ca. 6.600 Personenfahrten pro Tag. Da mehrere Geodaten jedoch nicht bzw. nicht im gewünschten Detaillierungsgrad vorhanden waren, mussten viele Annahmen getätigt werden - das Ergebnis ist also lediglich eine sehr grobe Schätzung.

Die Nachfrage ist als mäßig zu bezeichnen, wobei der Trassenabschnitt von Cardiff Bay nach Penarth aufgrund der geringen Anzahl an Arbeitsplätzen und nachfragerrelevanten "Points of Interest" in Penarth schwächer ausgelastet sein dürfte als jener zwischen Central Square und Cardiff Bay.

Grenzen der Potenzialabschätzung mittels GIS

Die durchgeführte Abschätzung der potenziellen Nutzer zeigt die Grenzen der GIS-Potenzialabschätzung auf. Die für die Einwohner angewandte Analyse mittels Luftlinien-Einzugsbereichen ist relativ einfach und liefert brauchbare Ergebnisse. Um genauere Ergebnisse zu erhalten, empfiehlt sich jedoch - wie in Abschnitt 6.2.1.1 beschrieben - die Verwendung von Isozonen-Einzugsbereichen unter Verwendung des Wegenetzes.

Um das Nutzerpotenzial besser einschätzen zu können, ist zudem eine Analyse der Quell- und Zielgebiete hilfreich, die sich mit folgenden Fragen beschäftigt: Wie viele Pendler gibt es? Wie sind die bisherigen Busverbindungen? Ein oftmals entscheidender Faktor in Verkehrsplanungsfragen ist zudem die Zeitersparnis (Die bisherige Reisezeit kann sehr einfach z. B. mit Hilfe von *Google Maps* berechnet werden). Im Fall der potenziellen Seilbahn (Annahme: EUB) zwischen Cardiff Central Square und Penarth beträgt die Zeitersparnis ca. 5 Minuten gegenüber dem MIV und ca. 11 Minuten gegenüber dem bisherigen ÖPNV.

7.3 Technische Machbarkeitsanalyse: Cardiff (Analysebeispiele)

Wie in Kapitel 6.3 erläutert wurde, kann GIS für Fragen der technischen Machbarkeit von Seilbahnprojekten verwendet werden. Da hierzu jedoch spezifische kleinräumige Daten gebraucht werden, ist die Datenbeschaffung meist schwieriger als bei der Grobanalyse von Angebot und Nachfrage. Um Analysen der technischen Machbarkeit für Standorte in Großbritannien durchführen zu können, muss meist auf kostenpflichtige Daten zurückgegriffen werden. Da im Rahmen der vorliegenden Diplomarbeit nur kostenlose Daten verwendet wurden, werden lediglich einfache Beispiele dargestellt.

7.3.1 Ermittlung von Nutzungskonflikten: Gebäude unter der Trasse

Mit einer simplen Analyse können jene Gebäude dargestellt werden, die sich unter der geplanten Trasse befinden:



Abbildung 7-19: Ermittlung der Wohngebäude und Gebäude mit anderer Nutzung unter der Seilbahntrasse (Ausschnitt, maßstabslos); eigene Darstellung unter Verwendung von OpenStreetMap- und DigitalGlobe-Daten

Dazu wurde ein Puffer von je zehn Metern links und rechts der Trassenmitte gewählt, d. h. mehr als die eigentliche Spurbreite, da auch angrenzende Gebäude beeinträchtigt werden können. Bei den Gebäuden

wurde zwischen Wohnnutzung und sonstiger Nutzung unterschieden. Mit Hilfe dieser GIS-Analyse konnten jene drei Wohngebäude ermittelt werden, die direkt unterhalb der Seilbahntrasse liegen. Die restlichen betroffenen Gebäude unterliegen einer anderen Nutzung. Insofern halten sich die Nutzungskonflikte der potenziellen Seilbahn mit der Wohnnutzung am untersuchten Trassenverlauf in Grenzen.

7.3.2 Ermittlung von Nutzungskonflikten: Anzahl der Einwohner unter der Trasse

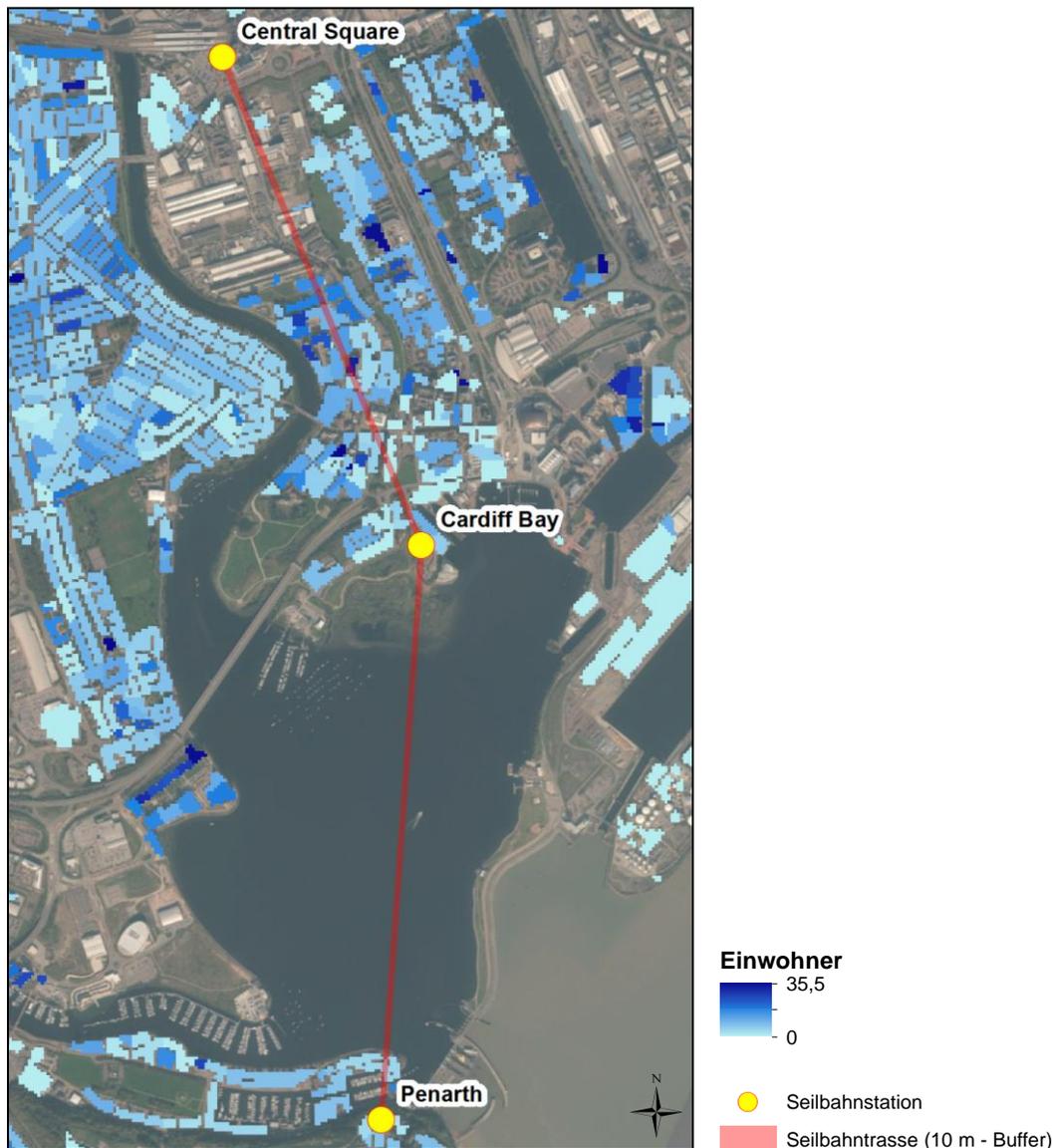


Abbildung 7-20: Überlagerung der Einwohnerdaten (Raster) mit der potenziellen Seilbahntrasse (maßstabslos); eigene Darstellung unter Verwendung von OpenStreetMap- und DigitalGlobe-Daten

Um aussagekräftigere Ergebnisse zu erzielen, und da die Gebäudeklassifizierung nicht immer der tatsächlichen Nutzung entspricht, kann die Seilbahntrasse mit den Einwohnerdaten überlagert werden.

Die Analyse ergibt, dass rund 220 Personen direkt unter der Trasse (also maximal 10 Meter von der Spurmitte entfernt) wohnen. Diese Menschen müssten im Falle einer Projektumsetzung besonders beachtet bzw. sensibilisiert werden.

7.4 Kurzfazit zur Standortanalyse von Cardiff

Nach der technischen Machbarkeitsanalyse erfolgt die ökonomische Machbarkeitsanalyse, die in Kapitel 6.4 beschrieben wurde. In der vorliegenden Fallstudie wurde sie jedoch nicht durchgeführt, da dies den Rahmen der Diplomarbeit gesprengt hätte.

Um die Machbarkeit und Sinnhaftigkeit abschließend einschätzen zu können, müssen die Ergebnisse aller Analysepunkte - GIS wie nicht-GIS - berücksichtigt werden. Auf Basis der Erkenntnisse dieser Standortanalyse sollten grobe Aussagen über die Sinnhaftigkeit einer Seilbahnanlage getroffen werden können. Da die Analyse für Cardiff aufgrund mangelnder kostenloser Daten nur in Teilen durchgeführt wurde, ist keine vollständige Bewertung des Standortes möglich.

Es kann jedoch festgestellt werden, dass der Standort grundsätzlich gute Voraussetzungen für urbane Luftseilbahnen hat, momentan allerdings ein relativ niedriges Fahrgastpotenzial aufweist. Die neuen Entwicklungsgebiete in der Cardiff Bay und am Bahnhof könnten jedoch für eine höhere Nachfrage sorgen. Die Anbindung nach Penarth, das sehr wenig Arbeitsplätze aufweist und relativ dünn besiedelt ist, scheint hingegen höchstens touristisch sinnvoll.

Die Zeitersparnis im Vergleich zum MIV und bisherigen ÖPNV ist gegeben, auch wenn sie nicht so stark ausfällt wie zum Beispiel in La Paz / El Alto. Problematisch könnten die Trassenabschnitte über Gebäuden (insbesondere Wohngebäuden) sowie die Windverhältnisse in der Cardiff Bay sein. Als mögliche Variante kann daher eine 3S-Bahn mit niedriger Förderleistung (d. h. mit wenigen Kabinen) in Betracht gezogen werden.

Abschließend die wichtigsten Erkenntnisse im Überblick:

- + gute strukturelle Voraussetzungen: große Wasserflächen, (kleine) Höhenunterschiede, Neubauprojekt in Cardiff Bay, Stadtwachstum, überlastete Straßen, umständliche Straßenverbindung
- + gute politische und ökonomische Rahmenbedingungen: Projektvorschlag für Seilbahn von lokalem Wirtschaftsverband, Tourismus
- + ÖPNV-Unterangebot in Penarth
- + mindestens 60% Zeitersparnis gegenüber bisheriger ÖPNV-Verbindung
- ± Trassenführung teilweise über Gebäude, jedoch kaum Wohngebäude
- mäßiges Fahrgastpotenzial
- etwas schwierige naturräumliche Gegebenheiten: weite Trassenabschnitte über Wasser (erhöhte Kosten), möglicherweise erhöhte Windgeschwindigkeiten

Der Standort scheint nach Einschätzung des Verfassers mäßig bis gut für eine Seilbahnverbindung geeignet zu sein; für eine tiefergehende Analyse und Bewertung sind jedoch vollständige Datengrundlagen und detailliertere Nachfrageberechnungen (durch Verwendung von Verkehrsmodellierungssoftware) nötig.

8 Fazit

Die vorliegende Arbeit hat sich eingangs die Frage gestellt, unter welchen Voraussetzungen der Einsatz von Luftseilbahnen im urbanen Raum als sinnvoll erachtet werden kann, und inwiefern GIS-Software zu einer strukturierten Antwort auf diese Frage beizutragen vermag.

Wie in den Bergen, so spielen Luftseilbahnen auch in den Städten ihre **Stärken vor allem bei Höhenunterschieden, Gewässern oder sonstigen Hindernissen** aus.

Im Vergleich zum alpinen Einsatz sind in der Stadt jedoch weitere Faktoren zu beachten, wie die Fallbeispiele in dieser Arbeit zeigen. In Südamerika - derzeit die Hochburg des urbanen Seilbahnbaus - waren beispielsweise enge Siedlungsstrukturen und der Mangel an Verkehrsfläche am Boden oftmals ausschlaggebend für die Entscheidung, Luftseilbahnen in der Stadt einzusetzen. In Europa sind dicht besiedelte Gebiete hingegen eher problematisch, da Trassenabschnitte über Wohngebieten in der Regel zu Widerstand seitens der Anrainer führen.

Da Seilbahnen in der Stadt ein öffentliches Verkehrsmittel darstellen, ist die Qualität des bestehenden ÖPNV-Netzes ein wichtiger Faktor bei der Analyse von potenziellen Standorten. In europäischen Städten, welche meist über ein gut ausgebautes ÖV-Netz verfügen, geht es dabei vor allem um die Schließung etwaiger Versorgungslücken und damit um die Anbindung von bisher nicht erschlossenen Gebieten. Zudem bieten sich Luftseilbahnen vor allem dort als Lösung an, wo die Straßenverbindungen stark umwegbehafet und / oder überlastet sind.

Dass eine Reihe von begünstigenden strukturellen Standortfaktoren jedoch nicht ausreicht, um eine urbane Luftseilbahn zu bauen, hat sich an diversen nicht umgesetzten Projekten gezeigt. Daher ist es bei der Analyse von potenziellen Standorten **wichtig, neben den strukturellen Standortfaktoren auch die politischen und ökonomischen Rahmenbedingungen zu berücksichtigen**. Dazu gehören nicht nur die Verkehrspolitik und die städtische Wirtschaftslage, sondern auch der Tourismus, der für zusätzliche Fahrgäste sorgen und damit eine wichtige Rolle als (zumindest nachträglicher) Mitfinanzierer einer städtischen Seilbahn spielen kann.

Aufgrund der großen Bandbreite der zu berücksichtigenden Einflussfaktoren bedarf die Standortanalyse für urbane Luftseilbahnen eines **integrierten Vorgehens und vielschichtiger Methoden**. Während für die Einschätzung der politischen und ökonomischen Rahmenbedingungen oftmals qualitative Untersuchungen ausreichen, können die strukturellen Standortfaktoren zum Teil mit Hilfe von Geographischen Informationssystemen (GIS) untersucht werden. Mit Hilfe dieser Computerprogramme, die der Erfassung, Verwaltung, Analyse und Darstellung räumlicher Daten dienen, werden relativ schnelle und themenübergreifende Untersuchungen, auch von größeren Gebieten, möglich.

Das vorgestellte Konzept zur Standortanalyse für urbane Luftseilbahnen kombiniert daher GIS und nicht-GIS-Methoden und empfiehlt ein schrittweises Vorgehen:

1. **Voranalyse:** Städte eines definierten Untersuchungsraums können anhand grundlegender Kriterien (z. B. Höhenunterschiede, Gewässer und Einwohnerzahl) vorausgewählt und in Bezug auf die begünstigenden Faktoren qualitativ ersteingeschätzt werden.
2. **Grobanalyse von Angebot und Nachfrage:** Es wird grob ermittelt, ob an den grundsätzlich geeigneten Standorten ein Bedarf an einer Luftseilbahn vorliegt. Das bestehende Verkehrsangebot wird auf Defizite untersucht und potenzielle Standorte werden unter Nachfragegesichtspunkten analysiert.
3. **Machbarkeitsanalyse:** Die Machbarkeit einer Seilbahn an den ausgewählten Standorten wird nach technischen und ökonomischen Gesichtspunkten bewertet.

Das Ergebnis dieses Untersuchungsverfahrens ist eine zumindest grobe Abschätzung der Eignung eines Standortes für Luftseilbahnen und dient als Basis für weitere Entscheidungen.

GIS-Software - in der vorliegenden Arbeit wurde *ArcMap 10.2* verwendet - kann dabei für die Vorauswahl, für die Einschätzung der potenziellen Nachfrage (als stark vereinfachtes Verkehrsmodell) sowie für die Ermittlung der technischen Machbarkeit eingesetzt werden. Vor allem für die erst- und letztgenannten Untersuchungen kann GIS (im Hinblick auf die mit GIS messbaren Faktoren) gut verwendet werden. Für die Nachfrageberechnung dienen Geographische Informationssysteme hingegen nur als grobes Werkzeug; genauere Ergebnisse erfordern, wie viele verkehrsplanerische Fragestellungen, den Einsatz von Verkehrsmodellierungssoftware.

Für manche andere Untersuchungen wie z. B. die Ermittlung von Fahrzeiten können hingegen webbasierte GIS-Anwendungen wie *Google Maps* ausreichen.

Die Ergebnisse der GIS-Analysen und damit auch die Sinnhaftigkeit des Einsatzes von GIS bei der Planung von urbanen Luftseilbahnen sind sehr stark von der **Datenverfügbarkeit** abhängig. Diese wiederum hängt maßgeblich davon ab, ob man bereit ist, für die Daten zu zahlen.

Mit Hilfe von kostenlos verfügbaren Daten können einige einfache Analysen durchgeführt werden; bei Verwendung von kostenpflichtigen Daten sind die Analysemöglichkeiten jedoch deutlich größer. Fast alle für das Konzept zur Standortanalyse notwendigen Datengrundlagen können - zumindest im Fall von Großbritannien, das in dieser Arbeit als Fallstudie diente - bestellt werden, auch wenn die Suche nach den geeigneten Daten oft einige Zeit beansprucht.

Zusammenfassend: **Je detaillierter die Daten, desto besser die Ergebnisse, desto höher in der Regel aber auch der Kosten- und Zeitaufwand.**

Nach Ansicht des Verfassers kann der **Einsatz von GIS für die Analyse von potenziellen urbanen Seilbahnstandorten jedoch grundsätzlich empfohlen werden**. Vor allem die **thematische Querschnittsuntersuchung von Standorten**, die eine besondere Eigenschaft von GIS-Software darstellt, ermöglicht eine **rasche und integrierte Analyse**.

Da mit einer steigenden Verfügbarkeit von Geodaten, insbesondere von Open Data, gerechnet werden kann, wird GIS im Bereich der Standortanalyse, der Seilbahnplanung und in der gesamten Verkehrsplanung in Zukunft wahrscheinlich eine noch größere Rolle spielen.

Glossar

2S-Bahn	Zweiseil-Umlaufbahn
3S-Bahn	Dreiseil-Umlaufbahn
Auslastungsgrad	Verhältnis von tatsächlich belegten und insgesamt verfügbaren Sitz- und Stehplätzen eines Verkehrsmittels
BRT	Bus Rapid Transit; leistungsfähige Bussysteme, meist mit eigener Spur
CAD	Computer-Aided Design; Entwurf/Konstruktion eines Objektes mit Hilfe von Computerprogrammen
Einzugsbereich (auch: Einzugsgebiet)	(in der Verkehrsplanung:) räumlich begrenzter Bereich, aus dem die Nutzer einer bestimmten Verkehrsinfrastruktur stammen
Förderleistung	Anzahl von Personen, die mit einem Verkehrsmittel in einer gewissen Zeiteinheit transportiert werden können
Geodaten	digitale Informationen über räumliche Sachverhalte mit eindeutiger räumlicher Verortung
GIS	Geographische Informationssysteme, auch: Geoinformationssysteme; Computerprogramme zur Erfassung, Verwaltung, Analyse und Visualisierung von raumbezogenen Daten
MGD (auch: MDG)	Monocable gondola detachable; kuppelbare Einseil-Umlaufbahn (EUB)
MIV	motorisierter Individualverkehr (z. B. Auto und Motorrad)
Modal Split	Verteilung des Verkehrsaufkommens auf die verschiedenen Verkehrsmittel
Netzfähigkeit	Grad der Möglichkeit, ein bestimmtes Verkehrsmittel (z. B. Luftseilbahnen) flächig als Bestandteil eines ÖV-Netzes einzusetzen, indem mehrere Segmente bzw. Anlagen vernetzt werden
Open Data	frei und kostenlos verfügbare, meist öffentliche Daten
ÖPNV	öffentlicher Personennahverkehr (z. B. Bus, Straßenbahn, U-Bahn)
Personenfahrten (auch: Beförderungsfälle)	Fahrten pro Person in einer gewissen Zeiteinheit
Personenwege	zurückgelegte Wege (Ortsveränderungen) pro Person in einer gewissen Zeiteinheit

Peplemover (auch: Automated People Mover)	automatisch fahrende Verkehrsmittel für kurze Strecken, die meist schienengebunden sind und elektrisch angetrieben werden
Planungsnullfall (auch: Nullvariante)	Situation bei Nichtumsetzung eines geplanten Projektes
Points of Interest	“Orte von Interesse”; wichtige Einrichtungen, Sehenswürdigkeiten etc., meist im Zusammenhang mit Geodaten verwendet
PPP-Modell	Public Private Partnership; Formen der Zusammenarbeit zwischen öffentlichem Sektor und privaten Unternehmen bei der Erfüllung staatlicher Aufgaben
Spannweite (auch: Spannfeld)	(bei Seilbahnen:) Abstand zwischen zwei Stützen
Stetigförderer	automatisiertes Transportsystem, dessen Elemente durchaus in Bewegung bleiben und sich meist im Kreis bewegen

Anhang

Auflistung der Interviewpartner

Im Zuge der Erstellung der vorliegenden Diplomarbeit wurden mehrere Experten befragt:

Name	Funktion	Interviewthema	Interview-Art	Datum
Johannes Winter	Head of Operations Services bei <i>Doppelmayr Cable Car</i>	Projektentstehung und aktuelle Situation der Londoner Umlaufbahn <i>Emirates Air Line</i>	telefonisch	08.05.2015
Torsten Bäuerlen	Project Management Latin America / Coordination Manager La Paz bei <i>Doppelmayr Seilbahnen AG</i>	Seilbahnnetz in La Paz	per E-Mail	01.06.2015
Jürgen Weichselbaum	Technical Director bei <i>GeoVille Information Systems GmbH</i>	Einsatzmöglichkeiten von GIS in der Verkehrsplanung	per E-Mail	08.06.2015
Chris Giles	O&M Assistant Manager bei <i>Doppelmayr Cable Car UK</i>	Funktionsweise und Betrieb der Londoner Umlaufbahn <i>Emirates Air Line</i>	persönlich, in London	12.06.2015
Wolfram Auer	Business Development - Director of Sales BeNeLux bei <i>Doppelmayr Cable Car</i>	Technische Eigenschaften von Luftseilbahnen	telefonisch	12.08.2015
Thomas Pichler	Geschäftsführer der <i>Doppelmayr Seilbahnen GmbH</i>	Zukunftsperspektiven von urbanen Luftseilbahnen und wichtige derzeitige Projekte	persönlich, in Lana (Italien)	25.08.2015
Gerald Lamprecht	Senior Consultant bei <i>PTV Austria GmbH</i>	Implementierung von Seilbahnen in <i>VISUM</i>	per E-Mail	25.09.2015

Zudem wurden Personen aus dem Bereich der Gemeindeverwaltung (Cardiff), der Planung (*Arup*) und der Geodäten-Bereitstellung (*Ordnance Survey, Met Office, OpenPopGrid, INSPIRE*) kontaktiert.

Vorgangsweise zur Verwendung von *OpenStreetMap*- und *OpenPopGrid*-Daten in *ArcMap 10.2*

ÖPNV-Haltestellen aus OpenStreetMap generieren

Dazu *ArcGIS Editor for OSM* installieren (kostenfrei verfügbar).

Vorgangsweise nach Installation:

Add Data > Add Basemap > Open Street Map. Dann *ArcToolbox > OpenStreetMap Toolbox > Download, Extract and Symbolize OSM Data*. Ausschnitt wählen, downloaden und Layer mit den gewünschten Objekten, hier Bushaltestellen, auswählen. Kleine Ausschnitte (Maßstab 1:10.000) wählen, sonst Fehlermeldung.

Gebäude aus OpenStreetMap generieren

Analoge Vorgangsweise wie bei ÖPNV-Haltestellen.

Einwohner der Einzugsbereiche auf Basis von OpenPopGrid berechnen

Dazu Erweiterung *Spatial Analyst* installieren.

Mit dem Tool *Zonal Statistics as Table* werden der Einwohner-Raster und das Einzugsbereichs-Shape "überlagert", wobei "Input raster or feature zone data" nur jeweils 1 Einzugsbereich (bzw. 1 zusammenhängende Fläche) sein darf. Bei "Statistics type" "SUM" auswählen - das Ergebnis ist die Summe der Einwohner im vorliegenden Einzugsbereich als Tabelle.

Literaturverzeichnis

- 2thinknow. (2014). *Innovation Cities Index 2014 : Europe Sub-Region*. Retrieved August 6, 2015, from <http://www.innovation-cities.com/innovation-cities-index-2014-europe/9327>
- Atkins. (2008, Jänner 21). *Cable-Car Proposal To Boost Bristol*. Retrieved August 6, 2015, from <http://www.atkinsglobal.com/en-gb/media-centre/news-releases/2008/group/2008-01-21>
- Auer, W. (2007). *Der Einsatz von Luftseilbahnen als öffentliche Verkehrsmittel in urbanen Räumen. Ein Verkehrskonzept für den Trierer Petrisberg. Diplomarbeit*. Trier: Universität Trier.
- Auer, W. (2015, August 12). Gespräch über technische Eigenschaften von Luftseilbahnen. (V. Schedereit, Interviewer)
- Autonome Provinz Bozen – Südtirol. (2014, November 9). *Rittner Seilbahn fährt ab morgen wieder - Ab Frühjahr zwei Kabinen mehr*. Retrieved Mai 19, 2015, from http://www.provinz.bz.it/news/de/news.asp?news_action=4&news_article_id=477116#
- Bäuerlen, T. (2015, Juni 01). Auskünfte zum Seilbahnnetz von La Paz / El Alto via E-Mail. (V. Schedereit, Interviewer)
- BBC. (2008, November 7). *Plans to cut congestion on show*. Retrieved August 7, 2015, from http://news.bbc.co.uk/2/hi/uk_news/england/somerset/7714878.stm
- BBC. (2011, Oktober 7). *Emirates sponsors Thames cable car*. Retrieved Mai 12, 2015, from <http://www.bbc.com/news/uk-england-london-15217173>
- BBC. (2011, April 18). *Thames cable car work to start in summer*. Retrieved Mai 12, 2015, from <http://www.bbc.co.uk/news/uk-england-london-13119733>
- BBC. (2012, Juni 28). *Thames cable car in London opens for passengers*. Retrieved Mai 3, 2015, from <http://www.bbc.com/news/uk-england-london-18619936>
- BBC. (2014, April 16). *Cable car direct to Bath city centre proposed*. Retrieved August 7, 2015, from <http://www.bbc.com/news/uk-england-somerset-27047836>
- Bosserhoff, D. (2005). *Integration von Verkehrsplanung und räumlicher Planung, Teil 2: Abschätzung der Verkehrserzeugung*. Wiesbaden: Hessisches Landesamt für Straßen- und Verkehrswesen.
- Bristol City Council. (n.d.). *MetroBus: Bus Rapid Transit (BRT)*. Retrieved August 6, 2015, from <http://www.bristol.gov.uk/node/6567>
- Civitas Renaissance. (2009). *Newsletter No. 2*. SAPIK.
- Contor GmbH. (n.d.). *Thema Standortanalyse*. Retrieved September 6, 2015, from <http://www.thema-standortanalyse.de/standortanalyse-verfahren/standortanalyse-klassische-verfahren/>
- Czeranka, M. (2000). Business Geographics und Geomarketing als Schlüssel zur unternehmerischen Schatztruhe. In M. Fally (Ed.), *Business geographics. GIS in der Wirtschaft* (pp. 1-10). Heidelberg: Wichmann.
- Dahms, M. (2009, Oktober 24). *10-MGD Metro Cable (Line K)*. Retrieved Juli 3, 2015, from <http://www.lift-world.info/de/lifts/4997/datas.htm>
- Dale, S. (2010, März 12). *Medellin/Caracas, Part 2*. Retrieved Juni 21, 2015, from <http://gondolaproject.com/2010/03/12/medellincaracas-part-2/>
- Dobeschinsky, H. (2000). Stand der Anwendung Bewertungsverfahren im Schienenpersonenverkehr, Bundesverkehrswegeplanung und Empfehlungen für Wirtschaftlichkeitsuntersuchungen an Straßen (EWS). In S. Martens, & J. Brenner (Eds.), *Bewertungsverfahren im Verkehrswesen: Rechenstift gegen Argumente? Ergebnisse der Veranstaltung Nr. XII der Workshop-Reihe im Themenbereich Verkehr und Raumstruktur* (pp. 19-36). Stuttgart: Akademie für Technikfolgenabschätzung in Baden-Württemberg.
- Dobeschinsky, H. (2002). Beurteilung von Verkehrswegeinvestitionen im öffentlichen Personennahverkehr - die Standardisierte Bewertung. In T. Bracher, K. Dziekan, J. Gies, H. Holzapfel, F. Huber, F. Kiepe, . . . O. Schwedes (Eds.), *Handbuch der kommunalen Verkehrsplanung* (32. Ergänzungs-Lieferung ed., Vol. 2). Berlin: VDE-Verlag.

- Doppelmayr Seilbahnen GmbH / ikp Vorarlberg GmbH. (2014). Mi Teleférico von La Paz nimmt Fahrt auf. (Doppelmayr, Ed.) *WIR*(191), pp. 4-5.
- Doppelmayr Seilbahnen GmbH / ikp Vorarlberg GmbH. (2015). 20 weitere Seilbahnkilometer für Bolivien. (D. S. GmbH, Ed.) *WIR*(196), pp. 14-15.
- Doppelmayr Seilbahnen GmbH / WIR Public Relations. (2009, September). Caracas: Gondelbahn für Hangsiedlung. *WIR*.
- Doppelmayr Seilbahnen GmbH. (2008, Dezember 12). *Doppelmayr baut Rekordseilbahn für Whistler Mountain*. Retrieved from <http://newsroom.doppelmayr.com/de/doppelmayr/all/doppelmayr-baut-rekordseilbahn-fur-whistler-mountain/>
- Doppelmayr Seilbahnen GmbH. (2015). *Produkte*. Retrieved April 27, 2015, from <http://www.doppelmayr.com/produkte/>
- Ecker, G. (2013, April 28). *Luftseilbahnen als innerstädtische Massenverkehrsmittel*. Retrieved Juli 15, 2015, from <http://www.zukunft-mobilitaet.net/5332/umwelt/luftseilbahnen-als-innerstaedische-massenverkehrsmittel/>
- Eggenberger, P. (2012, November 3). *Der schwächste Teil einer Seilbahn ist der Mensch*. Retrieved Oktober 2, 2015, from NZZ.ch: <http://www.nzz.ch/schweiz/der-schwaechste-teil-einer-seilbahn-ist-der-mensch-1.17755152>
- Empresa Estatal de Transporte por Cable Mi Teleférico. (2015). *Indicadores y estadísticas de vidas transportadas*. Retrieved Mai 15, 2015, from <http://www.miteleferico.bo/teleferico/pdf/planificacion/Informacion%20Estadistica.pdf>
- Empresa Estatal de Transporte por Cable Mi Teleférico. (n.d.). *Información financiera*. Retrieved Mai 15, 2015, from <http://www.miteleferico.bo/teleferico/contentload.php?idc=MTU=>
- Esri. (n.d.). *ArcGIS Resources*. Retrieved Juli 17, 2015, from <http://resources.arcgis.com/en/home/>
- Eurostat. (2015 a, April 15). *Bevölkerungsdaten nach Metropolregionen: Bevölkerung am 1. Januar nach Geschlecht und Altersgruppen*. Retrieved Mai 12, 2015, from http://appsso.eurostat.ec.europa.eu/nui/show.do?dataset=met_pjanaggr3&lang=de
- Eurostat. (2015 b, März 6). *Bevölkerung am 1. Januar nach Altersgruppen und Geschlecht - Städte und Ballungsräume*. Retrieved August 6, 2015, from http://appsso.eurostat.ec.europa.eu/nui/show.do?dataset=urb_cpop1&lang=de
- Eurostat. (2015 c, März 3). *Urban Audit - Ergebnisse der Meinungsbefragungen*. Retrieved August 6, 2015, from http://appsso.eurostat.ec.europa.eu/nui/show.do?dataset=urb_percep&lang=de
- Feltz, G., & Foehr, M. (2014). *Kosten der Seilbahn - Investition und Betrieb*. Retrieved Juni 1, 2015, from <http://seelbunn.lu/de/docs/kosten/>
- Friedrich, M. (2011). *Wie viele? Wohin? Womit? Was können uns Verkehrsnachfragemodelle wirklich sagen?* Stuttgart: Universität Stuttgart.
- GfK GeoMarketing GmbH. (2015). *Das Regiograph-Gravitationsmodell zur Ermittlung von Standortpotenzialen*. Retrieved September 11, 2015, from http://www.gfk-geomarketing.de/einzugsgebiete_und_reichweiten.html
- Giles, C. (2015, Juni 12). Gespräch im Zuge der Besichtigung der Emirates Air Line. (V. Schedereit, Interviewer) London.
- Google. (2015). *Google Maps*. Retrieved Mai 12, 2015, from <https://maps.google.at/>
- Greater London Authority. (2010). *Mayor's Transport Strategy: Executive summary*. London.
- Greater London Authority. (2015). *The London Plan: The Spatial Development Strategy for London consolidated with alterations since 2011*. London.
- Greater London Authority. (n.d.). *Royal Albert Dock*. Retrieved Juni 3, 2015, from <https://www.london.gov.uk/priorities/housing-land/land-assets/royal-albert-dock>
- Hansmann, K.-W. (2006). *Industrielles Management*. München: Oldenbourg-Verlag.
- Herrmann, B. (2015, Februar 9). Himmel aus Österreich. *Süddeutsche Zeitung*, 10.
- Hertel, M. (2006). Einsatz von Geografischen Informationssystemen in der kommunalen Verkehrsplanung. In T. Bracher, K. Dziekan, J. Gies, H. Holzapfel, F. Huber, F. Kiepe, . . . O. Schwedes (Eds.), *Handbuch der kommunalen Verkehrsplanung* (43. Ergänzungslieferung ed., Vol. 2). Berlin: VDE-Verlag.

- Input Projektentwicklungs GmbH. (2014). *Natürlich.Schierke - Machbarkeitsstudie*. Salzburg.
- Intraplan Consult GmbH; Verkehrswissenschaftliches Institut an der Universität Stuttgart. (2006). *Standardisierte Bewertung von Verkehrsweginvestitionen des ÖPNV und Folgekostenrechnung*. München / Stuttgart.
- Jermann, J. (2002). Vergleich verschiedener Ansätze der GIS-gestützten Potenzialberechnung. *2nd Swiss Transport Research Conference, Session 11*. Ascona. Retrieved Mai 4, 2015, from <http://www.gitta.info/Accessibilit/de/download/jermann.pdf>
- JornadaNet. (2014, Juli 3). *Comenzó tendido del cable de línea Amarilla del Teleférico La Paz-El Alto*. Retrieved Juni 3, 2015, from <http://www.jornadanet.com/n.php?a=105696-1>
- Kalasek, R. (2011). *Geographische Informationssysteme - Intro. Vorlesungsfolien der Lehrveranstaltung GIS- methodische u. technischen Grundlagen, Einheit 1*. Wien: TU Wien - Fachbereich für Stadt- und Regionalforschung.
- Kleine, S. (2001). *Überprüfung des Nachfragepotentials im Schienenpersonennahverkehr an ausgewählten Zugangsstellen der Bahnstrecke Rehna-Schwerin-Parchim anhand eines projektbezogenen Modells*. Hamburg: European Centre for Transportation and Logistics, Technische Universität Hamburg-Harburg.
- Lamprecht, G. (2015, September 25). Auskünfte zur Implementierung von Seilbahnen in VISUM, via E-Mail. (V. Schedereit, Interviewer)
- LaPazBUS. (n.d.). *Historia del Transporte*. Retrieved Juni 3, 2015, from <http://www.lapazbus.bo/index.php/la-transformacion-de-nuestro-transporte/historia/historia-del-transporte>
- Laurini, R., & Thompson, D. (1992). *Fundamentals of Spatial Information Systems*. London: Academic Press.
- Los Tiempos. (2014, Dezember 4). *Entra en funcionamiento la Línea Verde del Teleférico en La Paz*. Retrieved Juni 3, 2015, from http://www.lostiempos.com/diario/actualidad/economia/20141204/entra-en-funcionamiento-la-linea-verde-del-teleferico-en-la-paz_283201_623783.html
- MA 18 - Stadtentwicklung und Stadtplanung. (2011). *Geo Data City. Geoinformation und Stadtentwicklung in Wien. Eine Ausstellung der Wiener Planungswerkstatt. Handout*. Wien.
- Mead, N. (2015, Jänner 19). *How UK cities compare for population, jobs, new businesses and house prices*. Retrieved August 6, 2015, from The Guardian: <http://www.theguardian.com/cities/datablog/2015/jan/19/uk-cities-ranked-jobs-migration-house-prices-broadband-speeds-data>
- Monheim, H., Muschwitz, C., Auer, W., & Philippi, M. (2010). *Urbane Seilbahnen: "Moderne Seilbahnsysteme eröffnen neue Wege für die Mobilität in unseren Städten"*. Köln: KSV-Verlag.
- Morris, S., & Clark, T. (2015, März 20). *Cardiff evaluates plans for £100m cable car system*. Retrieved August 6, 2015, from The Guardian: <http://www.theguardian.com/uk-news/2015/mar/20/cardiff-plans-100m-cable-car-business-tourists>
- Office for National Statistics. (2015). *Travel Trends - Section 4 Overseas Residents Visits to the UK, 2014*. Retrieved August 7, 2015, from <http://www.ons.gov.uk/ons/taxonomy/search/index.html?pageSize=50&sortBy=none&sortDirection=none&newquery=tourism+towns&content-type=Reference+table&content->
- Ottmann, M., & Lifka, S. (2010). *Methoden der Standortanalyse*. Darmstadt: Wissenschaftliche Buchgesellschaft - WBG.
- Pichler, T. (2015, August 25). Gespräch über derzeitige Projekte und Zukunftsperspektiven von urbanen Luftseilbahnen. (V. Schedereit, Interviewer) Lana, Italien.
- PTV AG. (2009). *VISUM 11.0 Grundlagen*. Karlsruhe.
- PTV Transport Consult GmbH. (2015). *ERB-Verkehrsmodellierung und gesamtwirtschaftliche Bewertung. Bericht Teil 1: Verkehrsmodell VERMOSA 3*. Karlsruhe / Graz.
- Rollinger, W., Emberger, G., & Brezina, T. (2009). *Handbuch Öffentlicher Verkehr. Schwerpunkt Österreich*. (Ö. V. Gesellschaft, Ed.) Wien: Bohmann Druck und Verlag.
- Schedereit, V. (2012). *Energie- und Raumeffizienz im städtischen Verkehr: Urbane Luftseilbahnen und andere Automated People Mover als innovative Mobilitätsformen*. Bachelorarbeit. Wien: Technische Universität Wien.

- Seeber, A. (2010). *The Renaissance of the Cableway*. Eppan: Prokopp & Hechensteiner.
- Simon, E. (2013). *Geographische Informationssysteme in Unternehmen: "Best-Practices", Einsatzpotentiale und Wettbewerbsvorteile*. Hamburg: Bachelor + Master Publishing.
- Statista. (2015). *Auslastung des Personenverkehrs in Deutschland in den Jahren 2010 und 2012 nach Verkehrsmitteln*. Retrieved Mai 15, 2015, from <http://de.statista.com/statistik/daten/studie/13294/umfrage/auslastung-des-personenverkehrs-in-deutschland/>
- Technische Universität Braunschweig. (2009, April 8). *Zukunftstechnologie GIS*. Retrieved Mai 31, 2015, from <https://www.tu-braunschweig.de/it/service-interaktiv/software/doku/arcgis/gis>
- The Telegraph. (2011, April 18). *Construction of cable car across Thames to start this summer*. Retrieved Juni 1, 2015, from <http://www.telegraph.co.uk/finance/newsbysector/constructionandproperty/8457289/Construction-of-cable-car-across-Thames-to-start-this-summer.html>
- Titcomb, J. (2013, November 18). *Reading, Aberdeen and Edinburgh top UK cities for 'good growth'*. Retrieved August 7, 2015, from The Telegraph: <http://www.telegraph.co.uk/finance/economics/10456367/Reading-Aberdeen-and-Edinburgh-top-UK-cities-for-good-growth.html>
- TomTom International BV. (2015). *TomTom Traffic Index*. Retrieved August 6, 2015, from http://www.tomtom.com/en_gb/trafficindex/#/list
- Transport for London. (2010, April). *Measuring Public Transport Accessibility Levels. Summary*. Retrieved Juli 3, 2015, from <https://s3-eu-west-1.amazonaws.com/londondatstore-upload/PTAL-methodology.pdf>
- Transport for London. (2015). *Emirates Air Line performance data*. Retrieved Mai 11, 2015, from <http://www.tfl.gov.uk/corporate/publications-and-reports/emirates-air-line-performance-data#on-this-page-2>
- Villa, M. (2012, Dezember 19). *Diez millones de pasajeros, Mi Teleférico bate un récord*. (L. Razón, Editor) Retrieved Mai 13, 2015, from URL: http://www.la-razon.com/index.php?url=/ciudades/Servicio-millones-pasajeros-Teleferico-bate-record_0_2183181661.html
- Waldherr, G. (2010, März). Eine ideale Verbindung. *brand eins Wirtschaftsmagazin*, pp. 90-95.
- Weichselbaum, J. (2015, Juni 8). Auskünfte über den GIS-Einsatz in der Verkehrsplanung, via E-Mail. (V. Schedereit, Interviewer)
- Weithaler, L. (2009, Juli). Weltneuheit in Bozen. *Mountain Manager*(4/09), pp. 22-25.
- Wiener Linien. (2014). *Zahlen Daten Fakten 2014*. Wien.
- WiGeoGIS. (n.d.). *Standortanalyse - effiziente Bewertung im Geomarketing*. Retrieved September 1, 2015, from <http://www.wigeogis.com/de/standortanalyse>
- Winter, J. (2014). The Emirates Air Line cable car in London: An innovative, urban transportation system. Wolfurt.
- Winter, J. (2015, Mai 8). Telefongespräch zur Londoner Umlaufbahn Emirates Air Line. (V. Schedereit, Interviewer)
- Zimmerman, F. (2000). Site Analysis. In A. I. Architects, *The Architect's Handbook of Professional Practice* (13th edition ed., pp. 529-536). New York: John Wiley & Sons, Inc.

Abbildungsverzeichnis

Abbildung 2-1: Einseil-Umlaufbahn. Quelle: Doppelmayr.....	10
Abbildung 2-2: 2S-Bahn. Quelle: wallpaper222.com.....	11
Abbildung 2-3: 3S-Bahn. Quelle: Doppelmayr.....	11
Abbildung 2-4: Weitere Bauarten: Funitel-System und Gruppenbahnen. Quelle: Doppelmayr.....	12
Abbildung 3-1: <i>Emirates Air Line</i> , eigene Fotos.....	14
Abbildung 3-2: Einbindung der <i>Emirates Air Line</i> in das London U-Bahn-Netz: Quelle: TfL; eigene Bearbeitung.....	15
Abbildung 3-3: Zeitleiste der Entwicklung der <i>Emirates Air Line</i> . Quellen: Winter, 2014; Winter, 2015; eigene Darstellung.....	16
Abbildung 3-4: Standort der <i>Emirates Air Line</i> mit Umgebung. Quelle: Google Maps; eigene Bearbeitung.....	17
Abbildung 3-5: Stadtentwicklungsprojekte und deren Zeithorizont im Umfeld der Umlaufbahn. Quelle: Doppelmayr.....	18
Abbildung 3-6: <i>Línea Roja</i> und <i>Línea Verde</i> in La Paz / El Alto. Quelle: Doppelmayr.....	21
Abbildung 3-7: Seilbahnnetz von La Paz / El Alto. Quelle: Doppelmayr.....	21
Abbildung 3-8: Zeitleiste der Entwicklung des Seilbahnnetzes von La Paz / El Alto. Quellen: Bäuerlen, 2015; Doppelmayr Seilbahnen GmbH / ikp Vorarlberg GmbH, 2015; Villa, 2012; eigene Darstellung.....	22
Abbildung 3-9: Kostenanteile der einzelnen Komponenten für die Realisierung der ersten drei Seilbahnlinien von La Paz / El Alto. Quelle: Empresa Estatal de Transporte por Cable Mi Teleférico; eigene Darstellung.....	23
Abbildung 3-10: Seilbahn Bozen - Ritten. Quelle: http://www.wehrerhof.it/images/header/funivia-del-renon.jpg	27
Abbildung 3-11: <i>Metrocable Caracas - San Agustín</i> . Quelle: Doppelmayr.....	28
Abbildung 3-12: <i>Metrocable Medellín, Línea K</i> . Quelle: http://www.las2orillas.co/wp-content/uploads/2013/07/MAO_2560.jpg	29
Abbildung 5-1: Vektordaten-Typen; eigene Darstellung.....	34
Abbildung 5-2: Rasterdaten; eigene Darstellung.....	34
Abbildung 5-3: Schematische Darstellung der Funktionsweise von häufig verwendeten Analysetools. Quelle: Esri.....	36
Abbildung 5-4: Schematische Darstellung einer Querschnittsanalyse mit GIS. Quelle: Laurini & Thompson, 1992, S. 7; eigene Bearbeitung.....	37
Abbildung 6-1: Konzept einer GIS-unterstützten Standortanalyse für urbane Luftseilbahnen; eigene Darstellung.....	41
Abbildung 6-2: Schematische Darstellung der Maßstabsebene der Analyseschritte; eigene Darstellung.....	42
Abbildung 6-3: Ersteinschätzung mittels Checkliste der begünstigenden Faktoren (Excel-Screenshot); eigene Darstellung.....	46
Abbildung 6-4: Schematische Modellierung der Einzugsbereiche anhand von Luftdistanz (links), Isozonen (Mitte) und Wegpuffern (rechts). Quelle: Jermann, 2002, S. 6-7.....	52
Abbildung 6-5: Schematischer Aufbau eines Verkehrsmodells. Quelle: Friedrich, 2011, S. 4; eigene Darstellung.....	61
Abbildung 6-6: Screenshot der Verkehrsmodellierungs-Software VISUM. Quelle: PTV.....	62

Abbildung 7-1: Landesweite Standortsuche in Großbritannien nach <i>districts</i> bzw. <i>regions</i> : Faktoren Bevölkerungsdichte, größerer Fluss, Höhenunterschiede (maßstabslos); eigene Darstellung unter Verwendung von Daten von Ordnance Survey, DIVA-GIS und NASA/NGA/DLR/ASI.....	73
Abbildung 7-2: Bath. Quelle: http://www.coolplaces.co.uk/system/images/72/bath-bath-skyline-walk-walks-72-large.jpg	74
Abbildung 7-3: Ungefähre Trasse der vorgeschlagenen Seilbahnlinie. Quelle: Bing Maps; eigene Bearbeitung	74
Abbildung 7-4: Checkliste der begünstigenden Faktoren - Bath; eigene Darstellung	76
Abbildung 7-5: Clifton Suspension Bridge mit Bristol im Hintergrund. Quelle: http://www.thefixmagazine.com/index/wp-content/uploads/2014/11/origin_5465255723.jpg	77
Abbildung 7-6: Mögliche Seilbahntrasse in Bristol: Quelle: Bing Maps; eigene Bearbeitung	77
Abbildung 7-7: Checkliste der begünstigenden Faktoren - Bristol; eigene Darstellung	79
Abbildung 7-8: Cardiff und die Cardiff Bay. Quelle: http://www.webbaviation.co.uk/gallery/d/60883-2/CardiffBay-ic30307.jpg	80
Abbildung 7-9: Mögliche Seilbahntrasse in Cardiff. Quelle: Bing Maps; eigene Bearbeitung	80
Abbildung 7-10: Checkliste der begünstigenden Faktoren - Cardiff; eigene Darstellung	82
Abbildung 7-11: Edinburgh. Quelle: http://i0.wp.com/www.wimdu.com/blog/wp-content/uploads/2015/04/iStock_000039307192_Large.jpg?resize=1250%2C400	83
Abbildung 7-12: Checkliste der begünstigenden Faktoren - Edinburgh; eigene Darstellung	84
Abbildung 7-13: Southampton und sein Hafeneareal. Quelle: http://www.webbaviation.co.uk/southampton/southampton.jpg ...	85
Abbildung 7-14: Checkliste der begünstigenden Faktoren - Southampton; eigene Darstellung	86
Abbildung 7-15: Potenzielle Standorte für Seilbahnstationen in Cardiff: Hauptbahnhof/Central Square, Cardiff Bay, Penarth (unten, im Hintergrund); eigene Fotos	87
Abbildung 7-16: Ermittlung der nicht durch den ÖPNV erschlossenen Gebäude in der Nähe der potenziellen Seilbahnstationen (maßstabslos); eigene Darstellung unter Verwendung von OpenStreetMap-Daten	88
Abbildung 7-17: Einzugsbereiche der potenziellen Seilbahnstationen (maßstabslos): eigene Darstellung unter Verwendung von OpenStreetMap-Daten	89
Abbildung 7-18: Durch die Seilbahn neu an den ÖPNV angeschlossene Gebiete (maßstabslos); eigene Darstellung unter Verwendung von OpenStreetMap- und OpenPopGrid-Daten	90
Abbildung 7-19: Ermittlung der Wohngebäude und Gebäude mit anderer Nutzung unter der Seilbahntrasse (Ausschnitt, maßstabslos); eigene Darstellung unter Verwendung von OpenStreetMap- und DigitalGlobe-Daten	96
Abbildung 7-20: Überlagerung der Einwohnerdaten (Raster) mit der potenziellen Seilbahntrasse (maßstabslos); eigene Darstellung unter Verwendung von OpenStreetMap- und DigitalGlobe-Daten	97

Tabellenverzeichnis

Tabelle 2-a: Spezifika Einseil-Umlaufbahn. Quelle: Doppelmayr Seilbahnen GmbH, 2015; eigene Darstellung.....	10
Tabelle 2-b: Spezifika Zweiseil-Umlaufbahn. Quelle: Monheim, Muschwitz, Auer, & Philippi, 2010, S. 29; eigene Darstellung	11
Tabelle 2-c: Spezifika Dreiseil-Umlaufbahn. Quelle: Doppelmayr Seilbahnen GmbH, 2015; eigene Darstellung.....	11
Tabelle 3-a: Technische Daten <i>Emirates Air Line</i> , London.....	15
Tabelle 3-b: Technische Daten <i>Línea Roja</i> , <i>Línea Amarilla</i> und <i>Línea Verde</i> . Quellen: Doppelmayr Seilbahnen GmbH / ikp Vorarlberg GmbH, 2014; Doppelmayr Seilbahnen GmbH / ikp Vorarlberg GmbH, 2015; JornadaNet, 2014; Los Tiempos, 2014; eigene Darstellung	23
Tabelle 3-c: Eckdaten Seilbahn Bozen-Ritten	27
Tabelle 3-d: Eckdaten <i>Metrocable Caracas - San Agustín</i>	28
Tabelle 3-e: Eckdaten <i>Metrocable Medellín</i> , <i>Linea K</i>	29
Tabelle 4-a: Begünstigende strukturelle Standortfaktoren für den Einsatz von urbanen Luftseilbahnen	31
Tabelle 4-b: Begünstigende politische und ökonomische Rahmenbedingungen für den Einsatz von urbanen Luftseilbahnen.....	32
Tabelle 6-a: Beispielhafte Datenstruktur der Attributtabelle zur großmaßstäblichen Standortsuche; eigene Darstellung	45
Tabelle 6-b: Einzugsbereiche von ÖPNV-Haltestellen; eigene Berechnung nach Transport for London, 2010 und Kleine, 2001 .	49
Tabelle 6-c: Aussagekraft und Arbeitsaufwand der beschriebenen GIS-Analysen; eigene Darstellung.....	68
Tabelle 6-d: Benötigte Daten für die Analysen mit GIS und mögliche Datenquellen in Großbritannien; eigene Darstellung	70
Tabelle 7-a: Einwohner im Einzugsbereich der potenziellen Seilbahnstationen; eigene Berechnung unter Verwendung von OpenPopGrid-Daten	91
Tabelle 7-b: Dreigeteilte Einzugsbereiche der potenziellen Seilbahnstationen (maßstabslos); eigene Darstellung unter Verwendung von OpenStreetMap- und OpenPopGrid-Daten	92
Tabelle 7-c: Berechnung der potenziellen Nutzer der Seilbahn, die im Einzugsgebiet wohnen; eigene Berechnung unter Verwendung von OpenPopGrid-Daten	93
Tabelle 7-d: Berechnung der potenziellen Nutzer der Seilbahn, die im Einzugsgebiet arbeiten; eigene Berechnung unter Verwendung von Daten von data.gov.uk und Office for National Statistics	93
Tabelle 7-e: Berechnung der potenziellen Nutzer der Seilbahn, die im Einzugsgebiet arbeiten, aber nicht wohnen; eigene Berechnung unter Verwendung von Daten von data.gov.uk und Office for National Statistics	94
Tabelle 7-f: Geschätzte tägliche Nutzer der potenziellen Seilbahn in Cardiff; eigene Berechnung unter Verwendung von Daten von OpenPopGrid, data.gov.uk und Office for National Statistics	95