

SSP Consult, Beratende Ingenieure GmbH
Universität Stuttgart, Institut für Fördertechnik und Logistik

Empfehlung zu Einsatz, Planung und Betrieb von Seilschwebebahnen als Ergänzung des ÖPNV im urbanen Raum

Abschlussbericht über ein Forschungsprojekt,
gefördert unter dem AZ: 35869/01 von der
Deutschen Bundesstiftung Umwelt

von

Dipl.-Ing. (FH) Michael Welsch (SSP)
David Ortiz Reina, M. Sc. (SSP)

Dr. Ing. Gregor Novak (IFT)
Dipl.-Ing. Stefan Hecht (IFT)
Dipl.-Ing. Ralf Eisinger (IFT)
Marco Testa, M.Sc. (IFT)
Peter Schmid, M.Sc. (IFT)

Stuttgart, 30.06.2023

Inhalt des Abschlussberichtes	Seite
Anhang zum Abschlussbericht	v
Abbildungsverzeichnis	vi
Tabellenverzeichnis	viii
Abkürzungsverzeichnis und Definitionen	ix
1. Zusammenfassung	11
2. Einleitung	12
3. Grundlagen Seilbahnen und Seilbahntechnik	15
3.1 Unterscheidung von Seilbahnformen	15
3.2 Unterscheidung nach Seilsystemen	17
3.2.1 Einseilumlaufbahn	17
3.2.2 Mehrseilumlaufbahn	18
3.2.3 Pendelbahnen	20
3.3 Bestandteile einer Seilschwebebahn	22
3.3.1 Stationen	22
3.3.2 Stützen	24
3.3.3 Seile	26
3.3.4 Antriebssysteme einer Seilbahn	28
3.3.5 Kabine für den urbanen Einsatz	30
3.3.6 Garagierung der Kabinen	32
3.4 Anforderungen an die Sicherheit	33
3.4.1 Räumen und Bergen	33
3.4.2 Wartung	34
4. Seilbahnspezifische Kenngrößen	36
4.1 Baulich-betriebliche Kenngrößen	36
4.1.1 Beförderungsleistung	36
4.1.2 Sicherheit im Betrieb	38

4.1.3	Kosten	38
4.1.4	Flächenbedarf und Barrierefreiheit	39
4.1.5	End- und Zwischenstationen	40
4.2	Umweltsensitive Kenngrößen	41
4.2.1	Flächenverbrauch und Versiegelung	41
4.2.2	Lebenszyklusanalyse	42
4.2.3	Umweltsensitive Einflussfaktoren während des Betriebs	43
4.2.4	Quantifizierung ökologischer Kennzahlen im Systemvergleich	45
5.	Anforderungen an den ÖPNV	48
5.1	Anforderungen aus Sicht der Nutzenden	48
5.2	Anforderungen aus Sicht des Betriebs	49
5.3	Verkehrliche Anforderungen	50
5.4	Anforderungen an Umweltbelange	51
6.	Systemvergleich Seilbahn und klassischer ÖPNV - Grundlagen	51
6.1	Mobilität und Zugänglichkeit	53
6.1.1	Mobilität und Reisezeit	53
6.1.2	Zugänglichkeit und Barrierefreiheit	53
6.1.3	Soziale Auswirkungen und Gerechtigkeit	54
6.2	Umweltverträglichkeit	54
6.2.1	Energieverbrauch und Emissionen	54
6.2.2	Einwirkungen auf Mensch und Umfeld	55
6.2.3	Flächenverbrauch	56
6.2.4	Naturschutz und Biodiversität	56
6.3	Soziale Auswirkungen	57
6.3.1	Zugänglichkeit und Mobilität	57
6.3.2	Soziale Inklusion	57
6.3.3	Sicherheit und Gesundheit	58
6.3.4	Lebensqualität und städtische Entwicklung	58
6.3.5	Beteiligung der Bevölkerung und Akzeptanz	59
6.4	Wirtschaftliche Aspekte und Kosteneffizienz	59
6.4.1	Investitionskosten	59
6.4.2	Betriebs- und Wartungskosten	60
6.4.3	Wirtschaftliche Rentabilität und Kosteneffizienz	60

6.4.4 Finanzierung und öffentlich-private Partnerschaften	60
7. Systemvergleich Seilbahn und klassischer ÖPNV - Anwendungstool	61
7.1 Anwendungstool EhUS	61
7.2 Kriterienkatalog in EhUS	62
7.3 Anwendung der softwarebasierten Entscheidungshilfe <i>EhUS</i>	66
8. Analyse der Bevölkerungsakzeptanz	69
8.1 Akzeptanz und Nutzung von Verkehrssystemen	69
8.2 Analyse der Bevölkerungsakzeptanz	70
8.3 Auswertung vorliegender Umfragen zu Seilbahnprojekten	71
8.4 Durchführung einer Befragung	72
8.4.1 Aufbau und Teilnehmende der Befragung	72
8.4.2 Auswertung der Befragung	72
8.4.3 Negative Kommentare der Befragten	76
8.4.4 Zusammenfassendes Ergebnis zur Bevölkerungsakzeptanz	76
9. Rechtliche Rahmenvorgaben und planerische Prozessgestaltung	77
9.1 Regulatorische und gesetzgeberische Seite von Seilbahnen	77
9.1.1 Rechtliche Rahmenvorgaben	77
9.1.2 Verordnung des Europäischen Parlaments	78
9.1.3 Nationales Seilbahndurchführungsgesetz	79
9.1.4 Ländergesetzgebung	79
9.1.5 Gesetzgebungskompetenzen im ÖPNV	80
9.1.6 Einordnung von Seilschwebebahnen im ÖPNV	81
9.1.7 Personenbeförderungsgesetz	82
9.1.8 Nahverkehrsplanung	82
9.1.9 Normative Vorgaben	83
9.1.10 Fördergesetzgebung zu Seilbahnen	84
9.2 Strukturierung der Planungsschritte	86
9.2.1 Bedarfsermittlung und Zielsetzung	86
9.2.2 Voruntersuchungen und Machbarkeitsstudie	86
9.2.3 Genehmigungsverfahren	86
9.2.4 Planfeststellungsverfahren	87
9.2.5 Umweltverträglichkeitsprüfung (UVP)	90

9.2.6 Öffentliche Beteiligung	92
9.2.7 Planungshemmnisse	92
10. Optimierungsansätze urbaner Seilbahnkonzepte	98
10.1 Überführung von bestehenden Konzepten	99
10.1.1 Antriebstechnik	99
10.1.2 Streckenbauwerken und Maschinenelemente	107
10.1.3 Wartung und Instandhaltung	110
10.1.4 Betriebsmodelle und Bauformen in der Entwicklung	112
10.1.5 Umgang mit wechselndem Fahrgastaufkommen	121
10.1.6 Gefährdungen durch Brand und Wind in urbanen Räumen	124
10.1.7 Sicherheitsgefühl und Unfallrisiko bei Fahrgästen	124
10.1.8 Fachliche Qualifikation zum Seilbahnbetrieb	125
10.2 Erarbeitung neuer Konzepte	125
10.2.1 Ausweitung auf Seilbahnnetze	125
10.2.2 Verknüpfungsstationen für Liniennetze	126
10.2.3 Sonderformen der Seilführung	131
10.2.4 Kabinen	134
11. Fazit	136
12. Literaturverzeichnis	138

Anhang zum Abschlussbericht

Anlage A	Mitwirkende im Fachbeirat
Anlage B	Seilbahn-Zuständigkeiten in den Bundesländern
Anlage C	Genehmigungsverfahren und UVP-Vorgaben
Anlage D	Auswahl technischer Normen für das Seilbahnwesen
Anlage E	Auswertung Umfrage zur Bevölkerungsakzeptanz
Anlage F	EhUS - Angenommene Kennwerte von ÖPNV-Verkehrssystemen
Anlage G	EhUS - Entscheidungshilfe Urbane Seilbahn

Abbildungsverzeichnis

Abbildung 3.1	Unterteilung von Seilbahnsystemen nach ihrem Betriebsmodus	16
Abbildung 3.2	Prinzipskizze Aufbau einer kuppelbaren Einseilumlaufbahn	17
Abbildung 3.3	Ein- und Ausstiegsbereich einer Einseilumlaufbahn	17
Abbildung 3.4	Prinzipskizze Aufbau einer kuppelbaren Zweiseilumlaufbahn	19
Abbildung 3.5	Aufbau einer Zweiseil-Pendelbahn	21
Abbildung 3.6	Übersicht der wesentlichen technischen Bestandteile einer Seilbahnstation	23
Abbildung 3.7	Ausprägungsformen der Außengestalt einer Seilbahnstation	24
Abbildung 3.8	Stationsgebäude der Seilschwebebahn für die EXPO 2008	25
Abbildung 3.9	Stationsgebäude der Seilschwebebahn zur Gartenausstellung 2017 in Berlin	25
Abbildung 3.10	Wesentliche Teilsysteme einer Seilbahnstütze (und Kabine)	26
Abbildung 3.11	Übersicht Stützen	27
Abbildung 3.12	Konzept einer Fachwerkstütze der Seilbahn Göteborg	27
Abbildung 3.13	Zug- und Förderseil (Litzenseil)	28
Abbildung 3.14	Tragseil (vollverschlossenes Seil)	28
Abbildung 3.15	Langseilspleiß	29
Abbildung 3.16	Direktantrieb	30
Abbildung 3.17	Oberflurmotor	30
Abbildung 3.18	Kabinenbeispiele Einseilbahn	31
Abbildung 3.19	Kabinengrundrisse für ein Anforderungsprofil urbaner Mobilität	32
Abbildung 3.20	Ausstattungs-elemente einer Seilbahnkabine	33
Abbildung 4.1	Zusammenhang zwischen Kabinenfolgezeit und Kabinenanzahl	38
Abbildung 4.2	Flächeninanspruchnahme des Fahrwegs im Zweirichtungsverkehr	40
Abbildung 4.3	Ökologische Gesamtbetrachtung (in tCO ₂ eq) bei 30 Betriebsjahre	43
Abbildung 4.4	Prozentualer Anteil an Tonnen Kohlendioxidäquivalent (tCO ₂ eq)	44
Abbildung 4.5	Vergleich der Kohlenstoffdioxid-Emissionen verschiedener Verkehrsmittel	47
Abbildung 4.6	Feinstaub- und Kohlenstoffdioxidemissionen	47
Abbildung 4.7	Prozentualer Anteil an Tonnen Kohlendioxidäquivalent (tCO ₂ eq)	48
Abbildung 4.8	Talstation mit großflächiger Photovoltaikanlage	48
Abbildung 7.1	Aufbau der Handlungsempfehlung	63
Abbildung 7.2	Anwendung der Entscheidungshilfe EhUS	67
Abbildung 7.3	Beispielhaftes Zwischenergebnis des Kriteriums Bodenversiegelung	69
Abbildung 7.4	Abschließende Darstellung der Gesamtbewertung	69
Abbildung 7.5	Zusammenhang der Bewertungskriterien und der Gesamtbewertung	69
Abbildung 8.1	Ergebnisse zur Frage über die Häufigkeit der ÖPNV-Nutzung	74

Abbildung 8.2	Ergebnisse zur Frage über die Gründe zur Nichtnutzung des ÖPNV	75
Abbildung 8.3	Ergebnisse zur Frage über die Wünsche und Anforderungen an Seilbahnen	75
Abbildung 8.4	Ergebnisse zur Frage an welchen Orten eine Seilbahn stören würde	78
Abbildung 9.1	Hierarchischer Aufbau des Seilbahnrechts in Deutschland	80
Abbildung 9.2	Einordnung Seilschwebbahnen im Kontext des ÖPNV	81
Abbildung 9.3	Übersicht über die unterschiedlichen UVP-Verfahrensstufen in Deutschland	90
Abbildung 10.1	Schematischer Aufbau einer angetriebenen Seilbahnkabine mit Direktantrieb	101
Abbildung 10.2	Schematischer Aufbau eines Linearmotors	102
Abbildung 10.3	Schematisches Prinzip der Beförderung mittels eines Carrier-Systems	104
Abbildung 10.4	Funktionsprinzip eines bodengebundenen Systems	105
Abbildung 10.5	Ablenkstation einer Einseilumlaufbahn	107
Abbildung 10.6	Bauweisen von Ablenkstationen	107
Abbildung 10.7	Stützenüberfahrt mit Laufschiene und speziellem Laufwerk	108
Abbildung 10.8	Unterbrechung einer Seilbahnstrecke	113
Abbildung 10.9	Hybrid-System ConnX der Firma Leitner	114
Abbildung 10.10	Destinationswahl RopeTaxi Skigebiet LAAX	116
Abbildung 10.11	Konzept des City Cable Car	117
Abbildung 10.12	Pulkbildung von Seilbahnkabinen	120
Abbildung 10.13	Gegenüberstellung des Platzbedarfs von Außen- und eines Mittelbahnsteig	121
Abbildung 10.14	Schnelle Weiche	123
Abbildung 10.15	Übersicht möglicher Stationsvarianten	127
Abbildung 10.16	Zentraler Verbindungspunkt eines Seilbahnnetzes	128
Abbildung 10.17	Beispielhafter mehrgeschossiger Stationsaufbau einer Seilschwebbahn	129
Abbildung 10.18	Möglichkeiten der Verknüpfung von Seilbahnverbindungen	131
Abbildung 10.19	Ringverbindung	132
Abbildung 10.20	Zwischenstation mit einseitigem Ein- und Ausstieg	132
Abbildung 10.21	Ausführungsvarianten einer Stichverbindung	133

Tabellenverzeichnis

Tabelle 4.1	Haltestellenabstände	42
Tabelle 4.2	Immissionsrichtwerte der TA Lärm, außerhalb von Gebäuden	45
Tabelle 4.3	Vergleich von Schadstoffemissionen verschiedener Verkehrsmittel	46
Tabelle 6.1	Vergleich von Eigenschaften verschiedener innerstädtischer Verkehrsmittel	53
Tabelle 6.2	Kriterien Energieverbrauch und Emissionen	56
Tabelle 6.3	Kriterien Einwirkungen auf Mensch und Umfeld	56
Tabelle 6.4	Kriterien Naturschutz und Biodiversität	58
Tabelle 7.1	Kriterien für den ÖPNV nach den Empfehlungen für Planung und Betrieb	64
Tabelle 7.2	Kriterienkatalog zur Bewertung verschiedener Verkehrsmittel	65
Tabelle 9.1	Gesetze und Verordnungen für den ÖPNV	77
Tabelle 9.2	Auswahl einschlägiger Normen für Seilbahnen	84
Tabelle 9.3	Übersicht Seilschwebebahnprojekte in Deutschland	93

Abkürzungsverzeichnis und Definitionen

1S-Bahn	Einseilumlaufbahn
2S-Bahn	Zweiseilumlaufbahn
3S-Bahn	Dreiseilumlaufbahn
AEG	Allgemeines Eisenbahngesetz
AURO	Autonomous Ropeway Operation (Autonomer Seilbahnbetrieb)
BauGB	Baugesetzbuch
BayESG	Bayerisches Eisenbahn- und Seilbahngesetz
BbgBO	Brandenburgische Bauordnung
BGD	Bicable Gondola Detachable (Zweiseilumlaufbahn)
BOKraft	Verordnung über den Betrieb von Kraftfahrtunternehmen im Personenverkehr
BOStrab	Verordnung über den Bau und Betrieb der Straßenbahnen
BMDV	Bundesministerium für Digitale Infrastruktur und Verkehr
CEN	Europäische Komitee für Normung
CO	Kohlenmonoxyd
CO ₂	Kohlendioxyd
dB(A)	Maßeinheit Schalldruckpegel / Geräuschpegel
DIN EN	Deutsche Übernahme einer Europäischen Norm
DWD	Deutscher Wetterdienst
EBO	Eisenbahn-Bau- und Betriebsordnung
EhUS	Entscheidungshilfe Urbane Seilbahn
EntfIG	Entflechtungsgesetz
EU	Europäische Union
EUB	Einseilumlaufbahn
FFH-Gebiet	Gebiet mit Flora, Fauna, Habitat-Schutzfunktion
FGSV	Forschungsgesellschaft für Straßen- und Verkehrswesen
g/kWh	Maßeinheit Gram pro Kilowattstunde
GG	Grundgesetz
GVFG	Gemeindeverkehrsfinanzierungsgesetz
h/a	Maßeinheit Stunden pro Jahr
H-Bahn	Hochbahn
HSeilbG	Hessisches Seilbahngesetz
KEP	Kurier-Express-Paket (Dienstleister)
LGVFG	Landesgemeindeverkehrsfinanzierungsgesetz
LKW	Lastkraftwagen
LSeilbG-BW	Gesetz über Seilbahnen, Schleppaufzüge und Vergnügungsbahnen in Baden-Württemberg
MGD	Monocable Gondola Detachable (Einseilumlaufbahn)
m/s	Maßeinheit Meter pro Sekunde
NESG	Niedersächsisches Gesetz über Eisenbahnen und Seilbahnen
NOx	Stickoxid
NVP	Nahverkehrsplan
P/h/Richtung	Maßeinheit Personen je Stunde und Richtung
PBefG	Personenbeförderungsgesetz
PKW	Personenkraftwagen
ÖPNV	Öffentlicher Personennahverkehr
ÖSPV	Öffentlicher Straßenpersonennahverkehr
RIN	Richtlinie für integrierte Netzgestaltung
SAQ	Stufen der Angebotsqualität gemäß RIN

SeilbDG	Seilbahndurchführungsgesetz
SPNV	Schienenpersonennahverkehr
StZ	Stuttgarter Zeitung
tCO ₂ eq	Maßeinheit Tonnen an Kohlendioxidäquivalenten
TGD	Tricable Gondola Detachable (Dreiseilumlaufbahn)
U-Bahn	Utergrundbahn
UVP	Umweltverträglichkeitsprüfung
VDV	Verband Deutscher Verkehrsunternehmen
VIP	Very Important Person
VOC	Flüchtige Kohlenwasserstoffe
VwVfG	Verwaltungsverfahrensgesetz
WSW	Wuppertaler Stadtwerke
ZA	Zentrale Antriebsscheibe
ZUB	Zweiseilumlaufbahn

1. Zusammenfassung

Seilschwebebahnen bieten im bergtouristischen Umfeld weltweit leistungsfähige, zuverlässige und vergleichsweise sichere Beförderungsmöglichkeiten über topografische Grenzen hinweg an. Die Übertragung der Vorzüge der Seilbahnen an den urbanen Raum wird seit Jahren in zahlreichen amerikanischen und asiatischen Städten und Metropolen verfolgt. Auch im europäischen Ausland werden bereits Seilbahnanlagen als Ergänzung der städtischen Verkehrsangebote betrieben und die Kapazitäten des ÖPNV damit erweitert.

Als innovative Alternative um den Autoverkehr in der Stadt zu reduzieren und den ÖPNV zu ergänzen, wird in den letzten Jahren auch in Deutschland vermehrt der mögliche Einsatz von Seilschwebebahnen geprüft. Sie bieten gegenüber Stadt- und Straßenbahnen mehrere Vorteile: Ihre Bauzeit ist erheblich kürzer, es muss weniger Fläche versiegelt werden und der Material- und Ressourcenbedarf für Stützen und Stationen ist geringer. Zudem sind Seilschwebebahnen sehr geräuscharm, zerschneiden kaum Natur- oder Bewegungsräume und bieten über ihren Lebenszyklus hinweg eine sehr gute CO₂-Bilanz. Für die Erstbewertung und den Bau von Seilschwebebahnen im Stadtraum fehlen jedoch bisher praktisch anwendbare Entscheidungshilfen.

Die Forschungsarbeit „Empfehlungen zu Einsatz, Planung und Betrieb von Seilschwebebahnen als Ergänzung des ÖPNV im urbanen Raum“ wurde mit dem Ziel durchgeführt, der Fragestellung nachzugehen, wie im Vorfeld aufwändiger und kostenintensiver Studien eine Vorentscheidung zum zweckmäßigen Einsatz einer Seilschwebebahn getroffen werden kann. Aus der Fachliteratur wurden Bewertungs- und Vergleichskriterien unterschiedlicher ÖPNV-Verkehrssysteme (einschließlich Seilbahnen) zusammengeführt und in ein softwarebasiertes Bewertungs-Tool zur Vorprüfung eingearbeitet.

Vorteile einer Seilschwebebahn gegenüber anderen Verkehrsträgern finden sich sowohl in der zeitlichen Realisierbarkeit, wie im geringeren Ressourceneinsatz gegenüber vergleichbar leistungsfähigen Schienensystemen (Straßenbahn, Stadtbahn). Zudem lassen sich mit Seilbahnen topografische Einschränkungen (Höhenunterschied, Wasserlandschaften, Verkehrsstrassen, bebauten Gebiete) überwinden, ohne eine zerschneidende Trennwirkung zu verursachen. Auf die spezifischen Eigenschaften und Gestaltungsvorzüge von Seilschwebebahnen wird in der Forschungsarbeit ebenso eingegangen, wie auf rechtliche und planerische Rahmenvorgaben.

Zur Stützung eines Systemvergleichs mit dem Anwendungs-Tool wurden Bewertungsindikatoren der unterschiedlichen ÖPNV-Verkehrsträger einbezogen. Dabei wurde insbesondere auf die ÖPNV-Qualitätskriterien der Erreichbarkeit, Verfügbarkeit sowie der ökonomischen und ökologischen Merkmale eingegangen.

Im Rahmen einer Akzeptanzanalyse wurden ergänzende Kenntnisse zur Position der Bevölkerung gegenüber Seilbahnsystemen aufgenommen. Verbunden mit der Fachkompetenz der beiden Forschungsnehmer wurden konzeptionell technische Anpassungs- und Entwicklungsvorschläge zur besseren Integration in das urbane Umfeld aufgestellt.

Die Forschungsarbeit wurde gefördert von der Deutschen Bundesstiftung Umwelt (DBU) und begleitet von einem Fachbeirat aus Vertreter*Innen von Verbänden, der Wissenschaft und Lehre sowie kommunaler bzw. Landes- und Bundesverwaltung.

2. Einleitung

Gegenstand des vorliegenden Forschungsvorhabens bildet das Verkehrsmittel Seilbahn als integrierte Ergänzung des öffentlichen Personennahverkehrs (ÖPNV) im urbanen Raum. Dabei liegt der Fokus nicht auf der bereits mehrfach realisierten gleisgebundenen Ausführung als Standseilbahn, sondern in der Form einer flurfreien Seilschwebebahn mit Einbindung in die Netz- und Tarifstruktur des ÖPNV einer Stadt bzw. eines Verkehrsverbundes.

Im direkten Vergleich mit bereits realisierten urbanen Seilschwebebahnen in Europa und anderen Teilen der Welt werden diese weitgehend nur in einem begrenzten Maße in urbanen Räumen eingesetzt, zumeist im Rahmen von größeren Veranstaltungen, wie z.B. Bundesgartenschauen (Koblenz, Berlin) oder der Olympiade in London. Bei diesen realisierten Anlagen ist jedoch eine intermodale Einbindung in den städtischen ÖPNV-Netzverbund und die Tarifstruktur in der Regel nicht gegeben. Gerade im Kontext einer Etablierung in den ÖPNV wird häufig auf Skepsis und Unverständnis in kommunalen Verwaltungen und der Öffentlichkeit getroffen. Dies liegt vor allem in der teils auf Wintersport eingeschränkten oder auch fehlenden breiten Erfahrungs- und Datenbasis und dem fehlenden Vorstellungsvermögen, dass eine Seilschwebebahn im urbanen Raum eine sinnvolle Ergänzung des ÖPNV sein kann.

Die technische Ausgestaltung einer Seilschwebebahn für den besonderen Einsatz im städtischen Umfeld unterliegt abweichenden Anforderungen gegenüber dem Einsatz im berg- oder veranstaltungstouristischen Segment. Sowohl hinsichtlich der Streckenführung und einer Anknüpfung an vorhandene ÖPNV-Knotenpunkte, wie auch bzgl. Gefäßgrößen und Reisekomfort sowie an umweltsensitive Eigenschaften, wie z.B. Lärmemission, Flächenverbrauch, städtebauliche Gesichtspunkte und Denkmalschutz, sind besondere Anforderungen zu stellen. Insbesondere aufgrund der etablierten Qualitätsstandards, die im nationalen ÖPNV-Angebot von Bussen und Bahnen durch entsprechende normative Regelwerke und Vorgaben definiert sind und von Kundenseite erwartet werden, ist eine direkte Übertragbarkeit der Erfahrungen aus bestehenden Systemen im Ausland, z. B. Südamerika und Asien, nicht gegeben.

Zudem stellen die planerischen und rechtlichen Rahmenbedingungen in Deutschland weitreichende Anforderungen an das stufenweise Vorgehen zur Planung, Genehmigung und Realisierung von Infrastrukturmaßnahmen im Bereich Verkehr und Mobilität – in Folge auch von Seilbahnen. Dies lässt sich insbesondere auch im Kontext der föderalistischen Zuständigkeitsstruktur für den Verkehrsträger Seilbahn ableiten, der es gemäß der EU-Seilbahnrichtlinie aus dem Jahre 2002 jedem Bundesland abforderte, ein eigenes Seilbahngesetz als Rechtsgrundlage zu beschließen. Unabhängig davon, ob ein Seilbahnbetrieb touristisch, veranstaltungsbezogen oder mit ÖPNV-Einbezug zum Tragen kommt.

In den vergangenen Jahren wurde bereits in mehreren Anläufen versucht, das Mobilitätsangebot des ÖPNV um den neuen Verkehrsträger Seilschwebebahn zu erweitern. In teils langwierigen Planungs- und Abstimmungsprozessen wurde dem Thema eine umfängliche Aufmerksamkeit gewidmet. Deutsche Großstädte wie etwa Wuppertal, Bonn, Stuttgart und München stellen sich dieser Planungsaufgabe aus den jeweils eigenen Gesichtspunkten und auch unter jeweils eigenen rechtlichen und planerischen Rahmenbedingungen. Dabei bilden Landesgesetze, wie etwa die in den Jahren um 2002 von den Bundesländern auf Veranlassung der EU-Richtlinie 2000/9/EG [EU16] aufgelegten und später fortgeschriebenen Seilbahngesetze oder bereits existierende EN-Normen bezüglich der Seilbahnen die rechtlichen Grundlagen. Zusätzlich bestehen Erkenntnisse und Erfahrungen aus dem bergtouristischen Seilbahnumfeld. Auch Rahmenwerke, wie etwa der

vom Bayerischen Staatsministerium für Wohnen, Bauen und Verkehr aufgelegte „Leitfaden für die Entwicklung von Seilbahnen an urbanen Standorten“ oder durch das Verkehrsministerium in Baden-Württemberg initiierte Voruntersuchungen aus dem Karlsruher Institut für Technologie bieten punktuelle Erkenntnisse und Vorgaben. Daraus ergibt sich, insbesondere für kleinere Kommunen mit geringen Planungskapazitäten und Erfahrungen, eine steigende Anforderung hinsichtlich einer länderübergreifenden standardisierten Vorgehensweise und Prozessmethodik. Eine wesentliche Zielsetzung der vorliegenden Forschungsarbeit wird in einer zusammenführenden Empfehlung gesehen, um politischen Entscheidungsträgern und zuständigen Verwaltungen bzw. Verkehrsbetrieben Prozessstrukturen an die Hand zu geben, Einsatzmöglichkeiten von Seilschwebebahnen weitgehend einheitlich zu bewerten.

Als neue Mobilitätsform bietet eine städtische Seilschwebebahn gegenüber konventionellen Nahverkehrsmitteln einige ökonomische und ökologische Vorteile. Seilschwebebahnen sind sehr geräuscharm, zerschneiden kaum Natur- oder Bewegungsräume und bieten eine sehr gute Umweltbilanz beim Flächenverbrauch sowie bei Herstellung und Betrieb. Der Material- und Ressourcenbedarf für Stützen und Stationen ist geringer, als beispielsweise bei Straßen, Stadtbahnen und S-Bahnen. Die Bauzeit ist kürzer und sie bieten bei einer Umsetzung als Mobilitätsknotenpunkte erhebliche städtebauliche Gestaltungsmöglichkeiten.

Die Betrachtung einer Seilschwebebahn zur Lösung von spezifischen Verkehrsproblemen ist grundsätzlich möglich, jedoch fehlt es an grundlegenden Erfahrungswerten zu wichtigen technischen, aber auch weiteren Fragestellungen wie beispielsweise der Akzeptanz durch die Gesellschaft, Anforderungen hinsichtlich Privatsphäre im Trassenverlauf, der Bau- und Betriebskosten sowie möglicher Betriebs- und Betreibermodelle.

Mit vorliegender Forschungsarbeit soll auch eine praxisnahe und anwendungsorientierte Planungshilfe angeboten werden, die technische, ökologische und planerische Aspekte bei der Betrachtung von Seilschwebebahnen im urbanen Raum behandelt. Zudem wurde eine datenbasierte Entscheidungshilfe entworfen, die es ermöglichen kann, anhand verfügbarer Eingangsgrößen bereits frühzeitig eine Vorentscheidung für eine Seilbahn oder alternative ÖPNV-Verkehrsmittel abzuleiten.

Die in diesem Forschungsprojekt erarbeitete Empfehlung ermöglicht eine systematische Erarbeitung aller relevanten Einflussparameter zur Planung einer urbanen Seilschwebebahn mit Einbindung in den urbanen ÖPNV und setzt diese miteinander in Beziehung. Sie setzt sich aus der Handlungsempfehlung und dem softwarebasierten Tool „EhUS - Entscheidungshilfe Urbane Seilbahn“ zusammen. Dadurch kann sie die kommunale Verwaltung und die lokale Politik beim Planungsprozess unterstützen, damit Seilbahnsysteme möglichst bald zur Ergänzung des ÖPNV in deutschen Städten Anwendung finden können. Insbesondere werden die Bereiche Planung, Umweltaspekte, Bevölkerungsakzeptanz und Anforderungen urbaner Seilschwebebahnen betrachtet.

Ist ein geeignetes Seilschwebebahnsystem für die spezifischen urbanen Anforderungen gefunden, sollte spätestens zu diesem Zeitpunkt die Einbindung der Seilbahnhersteller in das Projekt erfolgen. Die Umsetzung und die Realisierung der Seilschwebebahn mit dem Hersteller erfolgt immer projektbezogen unter Beachtung der spezifischen Anforderungen des jeweiligen Projekts. Abhängig vom Produktportfolio der verschiedenen Seilbahnhersteller kann die Realisierung im Detail sehr unterschiedlich ausfallen und daher nicht im Rahmen dieses Forschungsprojekts be-

schrieben werden. Eine Detailplanung mit den Herstellern, die Realisierungsphase und der Betrieb der Seilbahn kein Bestandteil dieser Forschungsarbeit. Die Handlungsempfehlung dient vielmehr als eine übergreifende und allgemein anwendbare Hilfestellung während des Planungsprozesses.

Zu Beginn werden die unterschiedlichen Seilschwebebahnsysteme, die Betriebskonzepte, Bauarten und Komponenten beschrieben um auch in technischer Hinsicht einen gemeinsamen Wissensstand zu vermitteln. Es wird auf seilbahnspezifische Kenngrößen eingegangen und der Systemvergleich mit herkömmlichen ÖPNV-Verkehrsmitteln aufgezeigt. Als Grundlage für die Gegenüberstellung, Abgrenzung und Vergleichbarkeit der verschiedenen Verkehrssysteme werden seilbahnspezifische Kenngrößen herangezogen. Da die Seilschwebebahn vollständig in das Tarifsysteem integriert werden soll, werden die Anforderungen kritisch betrachtet und eine Gegenüberstellung zwischen Seilschwebebahn und den klassischen öffentlichen Verkehrsmitteln aufgezeigt. Vor allem werden verkehrliche, städtebauliche und umweltsensitive Kenngrößen betrachtet. Die aufbereiteten Anforderungen und Kennzahlen werden anschließend in die Bewertungsmethodik der Entscheidungshilfe Urbane Seilbahn (EhUS) überführt und deren Einfluss innerhalb des Tools beschrieben.

Die Themengebiete Seilbahnen im ÖPNV, der zugehörigen Rechts- und Gesetzeslage sowie Fördermöglichkeiten werden behandelt und die Rolle der Seilschwebebahn als tarifintegriertes ÖPNV-System hervorgehoben.

Ein weiterer Baustein behandelt die Analyse der Bevölkerungsakzeptanz zu Seilbahnsystemen. Dabei erfolgt ein kurzer Auszug zu bereits durchgeführten Umfragen, die sich mit der Akzeptanz von urbanen Seilschwebebahnen beschäftigt haben. Offene Fragestellungen und Personengruppen die in den bereits getätigten Umfragen nicht oder nur in einem geringen Maß behandelt worden sind, werden identifiziert. Auf Basis dieser Analyseergebnisse wurde eine neue Umfrage erstellt, die unter anderem gezielt Personen mit erhöhtem Platzbedarf im ÖPNV betrachtet.

Abschließend wird die bestehende Seilbahntechnik, die vor allem aus dem alpinen Bereich bekannt ist, in den städtischen Raum überführt. Konkrete Stadt- und Verkehrsprobleme wie z. B. Trassenführung, Privatsphäre, Höhenangst, Wartung und Betriebskonzepte werden aufgeschlüsselt. Stadt- und Verkehrsproblemen, bei welchen Standardlösungen von Seilschwebebahnen an ihre Grenzen stoßen, werden aufgezeigt und abgewandelte, aber auch vollkommen neue Konzepte, Visionen und Ideen werden vorgestellt.

3. Grundlagen Seilbahnen und Seilbahntechnik

3.1 Unterscheidung von Seilbahnformen

Seilbahnsysteme können durch die Art und Weise der Seilführung und der Beförderung der Fahrgäste in drei Hauptgruppen unterteilt werden:

- Standseilbahnen
- Schleplifte
- Seilschwebebahnen

Standseilbahnen und Schleplifte sind bodengebundene Systeme. Bei **Standseilbahnen** werden die Fahrzeuge durch ein oder mehrere (bodennahe) Seile auf einer festen Fahrbahn aus Schienen bewegt. Sie finden sich häufig im innerstädtischen Bereich, um ganzjährig topografische Höhenunterschiede zu überwinden. Für die Erfüllung unterschiedlicher Beförderungs- oder Transportaufgaben können auch weniger verbreitete boden- bzw. schienengebundene Systeme zum Einsatz kommen, z. B. [Wei13]:

- Zahnradbahn
- Schrägaufzug
- Einschienenbahnen¹
- People-Mover

Schleplifte werden primär in Wintersportgebieten eingesetzt. Sie befördern die Fahrgäste sitzend oder stehend auf ihren montierten Skiern bzw. Snowboards entlang einer vorbereiteten Schneepiste durch am umlaufenden Seil fixierte offene Sitzkörbe oder Gehänge. Das umlaufende Seil kann hierbei eine niedrige (bodennahe) oder eine hohe Seilführung aufweisen. Die Fahrgäste bleiben im Bodenkontakt.

Bei **Seilschwebebahnen** werden Kabinen oder Sessel an einem oder mehreren Seilen getragen und bewegt. Die Fahrgäste haben keinen Bodenkontakt. Seilschwebebahnen haben keine bodengebundene Fahrbahn und zählen somit zu den fahrfreien Systemen. Für einen Einsatz im ÖPNV werden in vorliegender Forschungsarbeit ausschließlich Seilschwebebahnen mit Kabinen näher betrachtet. Dabei werden Seilschwebebahnen nach ihrem **Betriebsmodus** und ihrer **Tragstruktur** unterschieden. Sie können entweder im Pendelbetrieb oder im Umlaufbetrieb betrieben werden und weisen ein bis drei Seile auf, die die Kabinen tragen und bewegen.

Eine Seilschwebebahn wird nach Artikel 3 der EU-Seilbahnverordnung als ein Gesamtsystem definiert, welches aus einer Infrastruktur (Stations- / Streckenbauwerke) und Teilsystemen (Seile, Antrieb etc.) besteht. Sie dient dem Zweck der Beförderung von Personen, mit Hilfe von entlang der Trasse verlaufenden Seilen. [EU16]

¹ Beispiel Wuppertaler Schwebebahn, H-Bahn Dortmund und Skytrain Düsseldorf

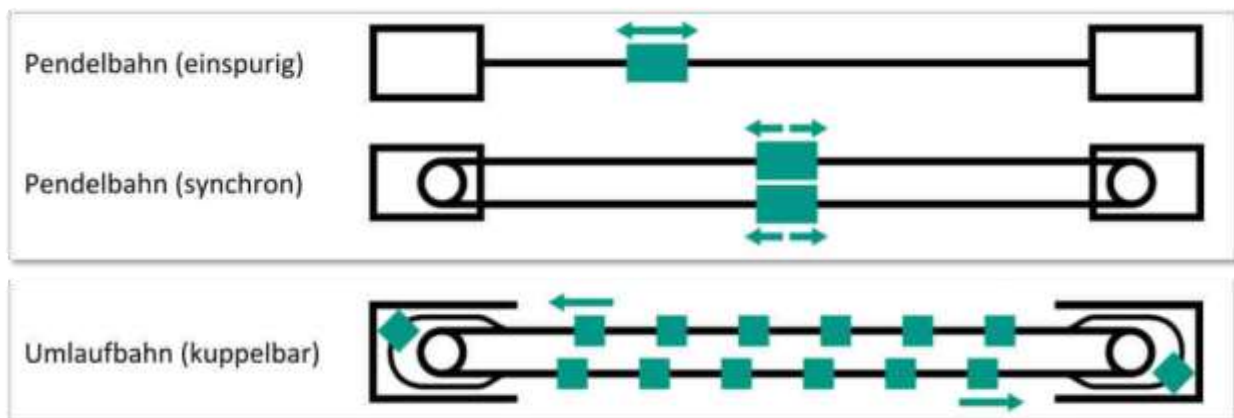


Abbildung 3.1: Unterteilung von Seilbahnsystemen nach ihrem Betriebsmodus, eigene Darstellung auf Basis [Rei18]

Bei **Pendelbahnen** verkehrt eine Kabine in wechselnder Richtung oder zwei Kabinen verkehren gegenläufig zwischen zwei Stationsgebäuden hin und her. Zwischenstationen sind möglich, sind aber in ihrer Positionierung auf die Kabinenabstände anzupassen. Der Ein- und Ausstieg der Fahrgäste erfolgt bei haltenden Fahrzeugen. Bei Pendelbahnen handelt es sich im Allgemeinen um Mehrseilsysteme mit getrennten Trag- und Zugseilen. Als Fahrzeuge werden üblicherweise Großraumkabinen verwendet. Die Kapazität des Systems hängt ab von Kabinengröße, Streckenlänge und Fahrgeschwindigkeit. Bei der Geschwindigkeit findet sich auch das einzige, aber begrenzte Regulativ zur Kapazitätsveränderung.

Beim **Umlaufbahnsystem** bewegt sich eine Vielzahl von Kabinen kontinuierlich in nur eine Fahrtrichtung. In den Endstationen werden die Kabinen umgelenkt und wieder in die Gegenrichtung zurückgeführt. Die Kabinen sind an einem oder mehreren Förder- oder Zugseilen angeklemt, die mit kontinuierlicher Geschwindigkeit in einem Ring umlaufen. Bei der Stationseinfahrt wird die Kabine auf Schienen aufgesetzt und vom Seil gelöst. Mit Reifenförderantrieben werden die Kabinen verzögert und es wird den Fahrgästen ermöglicht, bei verlangsamter Geschwindigkeit ($< 0,5$ m/s) oder bei vollständigem Stillstand die Kabine zu verlassen oder zuzusteigen. Bei Fahrtbeginn werden sie von der reduzierten Stationsumlaufgeschwindigkeit auf die Förderseilgeschwindigkeit beschleunigt, sodass die Kabine ohne Komforteinbußen für die Fahrgäste wieder an das Förderseil angekuppelt werden kann (Kuppelstelle). Die Zugseilschleife (Förderseilschleife) behält in der Station eine gleichbleibende Geschwindigkeit, sodass die Förderkapazität nicht negativ beeinflusst wird. Als Fahrzeuge werden üblicherweise Kabinen verwendet, die Platz für 6 bis 30 Personen bieten.

3.2 Unterscheidung nach Seilsystemen

Seilschwebebahnen werden neben der Betriebsform der Kabinenbewegung auch nach der Anzahl und der Funktion der Seile unterschieden.

3.2.1 Einseilumlaufbahn

Bei der Seilschwebebahn als Einseilsystem (EUB, MGD oder 1S-Bahn) werden die Kabinen von einem Förderseil gleichzeitig getragen und bewegt. Vorteile liegen in den vergleichsweise geringeren Anlagen- und Betriebskosten bei dennoch hoher Beförderungskapazität. Dadurch bietet die Einseilumlaufbahn das beste Preis-Leistungs-Verhältnis unter den Seilschwebebahn-Systemen. Durch die Verwendung von nur einem Seil sind Größe und Traglast der Kabinen sowie die Spannweiten zwischen den Stützen jedoch begrenzt und die Kabinen sind sehr windanfällig.

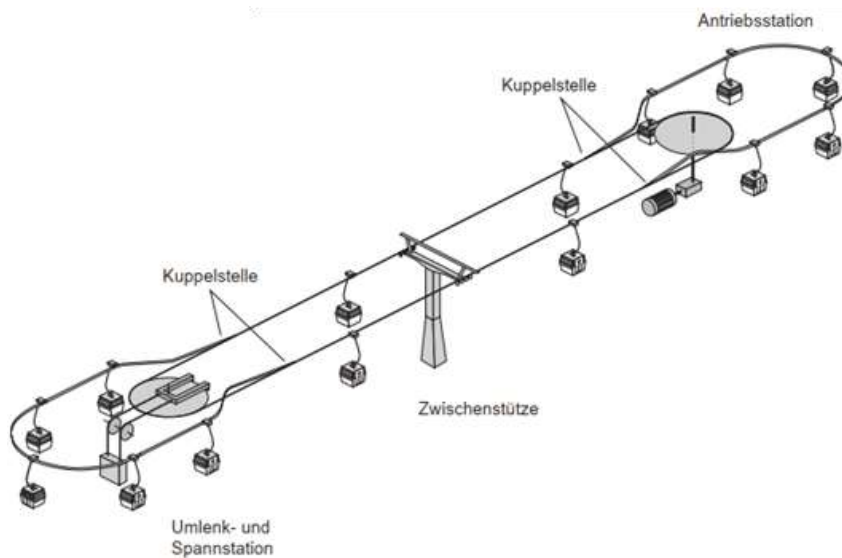


Abbildung 3.2: Prinzipskizze Aufbau einer kuppelbaren Einseilumlaufbahn [Gün99]



Abbildung 3.3: Ein- und Ausstiegsbereich einer Einseilumlaufbahn mit Kabinenführung und Reifenförderer [Lei03]



Merkmale Einseilumlaufbahn

- ein gemeinsames Trag- und Förderseil (Förderseil)
 - Kabinengröße: üblich für 8 oder 10 Personen, aber auch bis 15 Personen möglich
 - max. Geschwindigkeit: 6 m/s (21,6 km/h)
 - hohe Förderleistungen möglich (bis 4.500 P/h/Richtung)
 - Stützenabstand: bis 400 m
 - Seitenwind bis. ca. 65 km/h zulässig
-
- + geringer Bauaufwand und Anschaffungskosten
 - + günstige Betriebskosten
 - + Stetigförderer, also kontinuierlicher Fahrgaststrom
-
- geringer zulässiger Bodenabstand
 - kurze Spannfelder, somit mehr Stützen erforderlich
 - Klemmung am Förderseil verursacht Geräusche bei Stützenüberfahrt
 - eher geringe Windstabilität
 - hoher spezifischer Energieverbrauch

3.2.2 Mehrseilumlaufbahn

Um die Nachteile einer Einseilumlaufbahn zu verringern, wurden mehrseilige Umlaufbahnen entwickelt. Dabei werden die Kabinen durch zwei oder drei getrennte Seile getragen und bewegt. Zunächst wurde ein Zweiseilssystem (ZUB, BGD oder 2S-Bahn) entwickelt, bei dem jeweils ein Tragseil für die Kabinenaufhängung und ein Zugseil für den Kabinentransport eingesetzt werden. Die beiden Seile sind i.d.R. übereinander angeordnet. Dabei übernimmt die endlose Zugseilschleife die Bewegung der Kabinen und das ortsfeste Tragseil die tragende Funktion. Durch die Verwendung eines Tragseils und eines Zugseils können deutlich größere Bodenabstände, längere Spannfelder (Abstand zwischen den Streckenbauwerken) und größere Kabinen realisiert werden. Nachteilig dabei ist, dass die Konstruktion der Kabinenlaufwerke und der Streckenbauwerke aufwändiger und somit teurer ist, als bei der Einseilbahn.

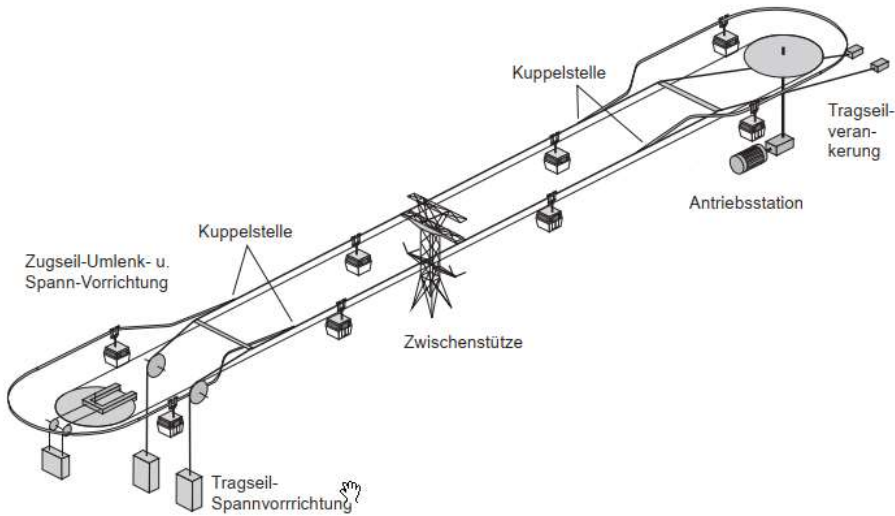


Abbildung 3.4: Prinzipskizze Aufbau einer kuppelbaren Zweiseilumlaufbahn [Gün99]

Abgesehen von einigen historischen Vorläufern wurde Anfang / Mitte der 1990er Jahre das 2S-System durch zwei Tragseile und ein Zugseil auf die Dreiseilumlaufbahn weiterentwickelt. Durch diese Bauweise können im Vergleich zu 2S-Bahnen noch größere Boden- und Stützenabstände sowie höhere Förderleistungen erreicht werden. Zusätzlich ist durch die parallele Anordnung der beiden Tragseile eine sehr hohe Windstabilität gewährleistet, womit sich die Dreiseilumlaufbahn besonders für die Verwendung in Anlagen mit großen Spannfeldern in windhöffigen Gebieten eignet.



Merkmale Zweiseilumlaufbahn

- Trag- und Zugseil getrennt (zwei Seile)
 - Kabinengröße: üblich für bis zu 16 Personen
 - max. Geschwindigkeit: 7 m/s (25,2 km/h)
 - hohe Förderleistungen möglich (bis 5.000 P/h/Richtung)
 - geringerer Energieverbrauch als Einseil-Umlaufbahn
 - Stützenabstand: bis 600 m
 - Seitenwind bis. ca. 80 km/h zulässig
-
- + geringerer spezifischer Energieverbrauch
 - + erhöhte Windstabilität
 - + längere Spannfelder und größere Bodenabstände umsetzbar
 - + Stetigförderer: kontinuierlicher Fahrgaststrom
-
- Trag- und Zugseil bedingen aufwändigere Konstruktion von Laufwerk, Stütze und Stationen



Merkmale Dreiseilumlaufbahn

- zwei Trag- und ein Zugseil (drei Seile)
 - Kabinengröße: üblich für 35 Personen
 - max. Geschwindigkeit: 8,5 m/s (30,6 km/h)
 - hohe Förderleistungen möglich (bis 6.000 P/h/Richtung)
 - lange Seilfelder bis 2.500 m möglich
 - Seitenwind bis. ca. 108 km/h zulässig
-
- + Nutzung großer Kabinen mit mehr Ausstattung wie breite Türen etc.
 - + zwei Tragseile erhöhen die Windstabilität erheblich
 - + Laufruhe während der Fahrt und bei Stützenüberfahrt
 - + große Spannfelder und hohe Bodenabstände möglich
 - + Stetigförderer: kontinuierlicher Fahrgaststrom
-
- Mehrseilssystem sind konstruktiv aufwändiger für Laufwerke, Stützen, Stationen

3.2.3 Pendelbahnen

Pendelbahnen gehören ebenfalls zu den Mehrseilssystemen aus Zug- und Tragseil. Das Zugseil ist fest mit den Fahrzeuglaufwerken verbunden und bewegt die Kabinen. In den gegenüberliegenden Stationen verzögern die Kabinen bis zum Stillstand, sodass die Fahrgäste ein- und aussteigen können.

Zweiseil- und Dreiseilpendelbahnen erlauben weite Stützenabstände mit großen Bodenabständen bei weitgehender Witterungsunempfindlichkeit. Pendelbahnen verfügen über ein großes Fahrzeugfassungsvermögen und weisen im Vergleich zu Umlaufbahnen höhere Fahrgeschwindigkeiten auf. Die Förderleistung ist abhängig von der Streckenlänge und der damit verbundenen Fahrzeit zwischen den Stationen. Bei Einsatz einer Pendelbahn in flachem oder annähernd ebenem Gelände wird ein zusätzliches Zugseil für die Fahrt in Gegenrichtung erforderlich. Im alpinen Einsatzbereich kann darauf verzichtet werden, da talwärts fahrende Kabinen durch Ausnutzung der Schwerkraft eine Unterstützung der bergwärts fahrenden Kabinen ermöglichen.

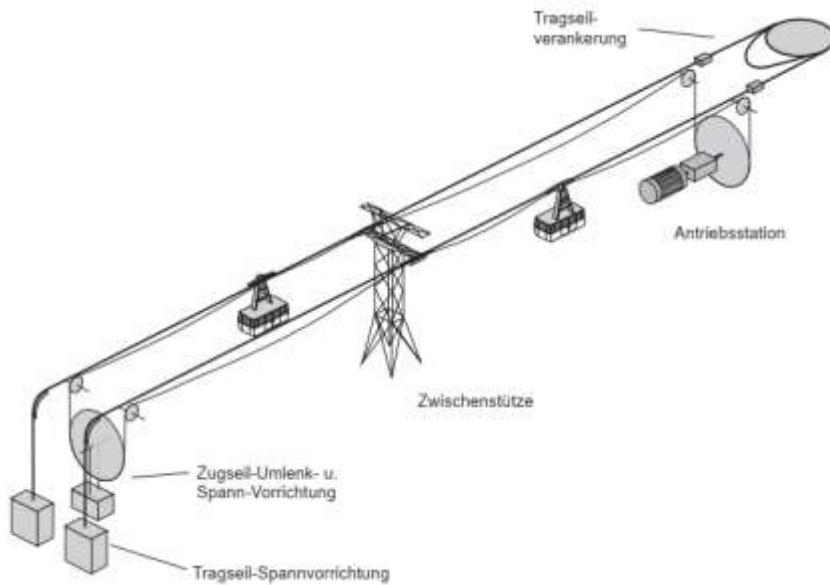


Abbildung 3.5: Aufbau einer Zweiseil-Pendelbahn [Gün99]



Merkmale Pendelbahn (Zwei- oder Dreiseil-System)

- Kabinengröße: üblich für 100 Personen bei 2S-System, bis zu 200 Personen bei 3S-System
 - max. Geschwindigkeit: 12 m/s (43,2 km/h)
 - hohe Förderleistungen möglich (bis 2.000 P/h/Richtung)
 - lange Seilfelder bis 3.000 m möglich
 - Kombination aus Material- und Personentransport möglich
- + einfaches und robustes System: kein Umlauf und Kuppelvorgang in der Station
 - + hohe Windstabilität
 - + maximale Bodenabstände und maximale Spannfelder möglich, ideales System für die Überwindung von Flüssen und Täler
 - + sehr große Kabinen mit hohem Ausstattungsniveau
- Förderleistung umgekehrt proportional zur Streckenlänge (hohe Förderleistungen können nur bei kurzen/mittleren Streckenlängen erreicht werden)
 - Taktförderer, also pulkhafter Fahrgaststrom

3.3 Bestandteile einer Seilschwebebahn

3.3.1 Stationen

In den Stationen befindet sich der Antrieb mit Antriebsscheibe, in der Gegenstation die Umlenkscheibe. Je nach Ausführung ist in einer Station die Spanneinrichtung angebracht, die für die nötige Seilspannung sorgt. Bei Umlaufbahnen sind in den Stationen die Kuppelvorrichtungen für die Trennung der Kabine vom Seil (Einfahrt) bzw. das Anklemmen an das Seil (Ausfahrt) angebracht. Bei Endstationen findet sich die Umlaufvorrichtung zur Umkehr der Kabinen, bei Pendelbahnen endet die Fahrt jeweils am Fahrsteig der Endstationen.

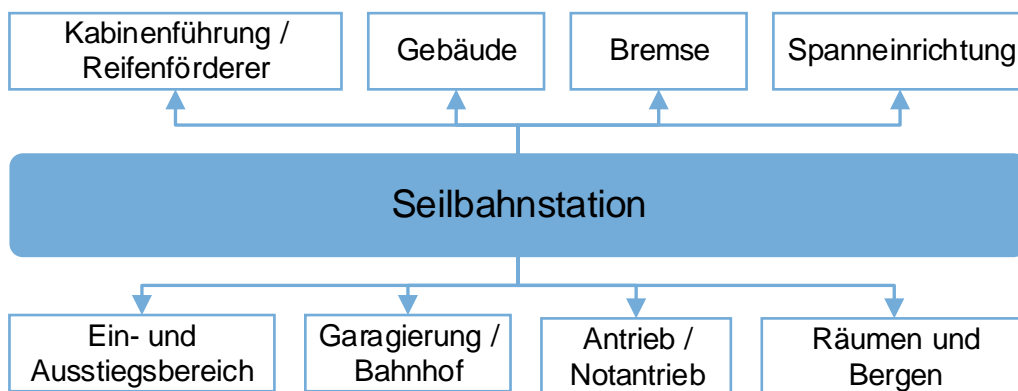


Abbildung 3.6: Übersicht der wesentlichen technischen Bestandteile einer Seilbahnstation

Stationen sind ein wesentliches Bauelement der Seilbahn und können im urbanen Raum das Stadtbild nachhaltig prägen. Grundsätzlich lassen sich Seilbahnstationen in vier Ausprägungsformen unterteilen. Sie können sowohl als freistehendes Gebäude ausgeführt, aber auch in einen Gebäudekomplex integriert werden. Die nachfolgende Abbildung zeigt vier wesentliche Ausprägungsformen von Seilbahnstationen.

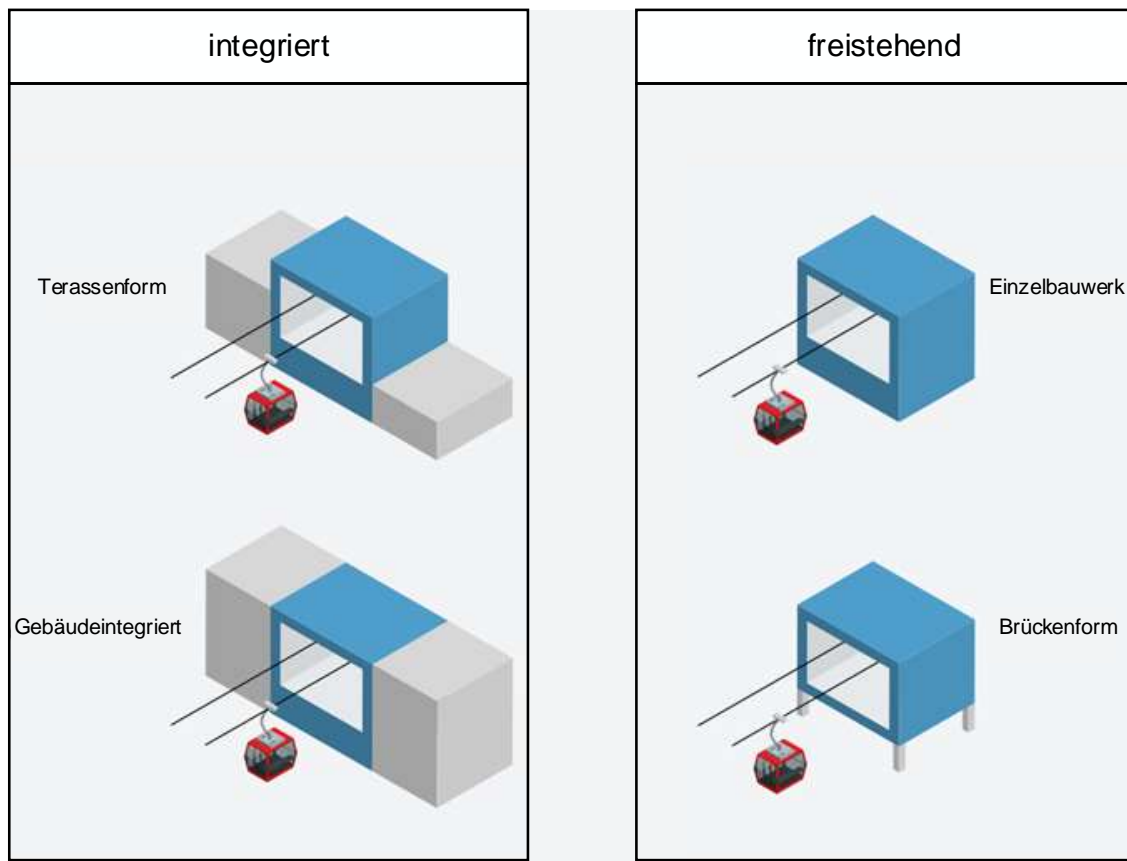


Abbildung 3.7: Ausprägungsformen der Außengestalt einer Seilbahnstation [Bay18]

Zur guten Integration in ein ÖPNV-Netz ist anzustreben, die Lage der Stationen verkehrsgünstig benachbart zu ÖPNV- oder Mobilitätsknoten zu wählen, um einen Anschluss und Umstieg auf weitere Verkehrsmittel des ÖPNV oder alternativer Mobilitätsformen zu ermöglichen.

Stationsbauwerke sind barrierefrei auszuführen. Sind sie nicht ebenerdig angeordnet, sind Aufzüge unerlässlich, Rolltreppen hilfreich. Die Kapazität der Aufzüge, der Treppenhäuser und der Ein- und Ausstiegbereiche in den Stationen muss bedarfsgerecht ausgelegt werden und ggf. auch auf hohes Fahrgastaufkommen durch Umstiege aus Massentransportmitteln (S-Bahn, U-Bahn) oder durch veranstaltungsbedingte Pulkbildung eingehen. Seilbahnstationen können als Orientierungspunkt im städtischen Umfeld dienen. Neben den Anforderungen an Funktionalität und Technik sind bereits in der Planungsphase ästhetische, ökologische und soziale Belange zu berücksichtigen und abzuwägen [Bay18].



Abbildung 3.8: Stationsgebäude der Seilschwebebahn für die EXPO 2008 in Zaragoza, Spanien [Lei03]



Abbildung 3.9: Stationsgebäude der Seilschwebebahn zur internationalen Gartenausstellung 2017 in Berlin [Lei01]

3.3.2 Stützen

Die Stützen einer Seilschwebebahn prägen neben den Kabinen und den Seilen das Erscheinungsbild der Seilbahn entlang der gesamten Strecke. Da die Wirkungskraft der Stützen auf die Außenwelt deutlich größer ist als die der Kabinen, kann durch die richtige Wahl der Stützenposition und der Stützengestaltung eine harmonische Integration in ein bestehendes Landschaftsbild geschaffen werden. Bei der Wahl der Stützen kann sowohl auf Standard-Baukastenlösungen, für einen schlichten und kostengünstigen Einsatz, aber auch auf architektonische Sonderlösungen zurückgegriffen werden. Neben den Stationsgebäuden können Stützen wichtige Orientierungspunkte für die Stadt bilden.

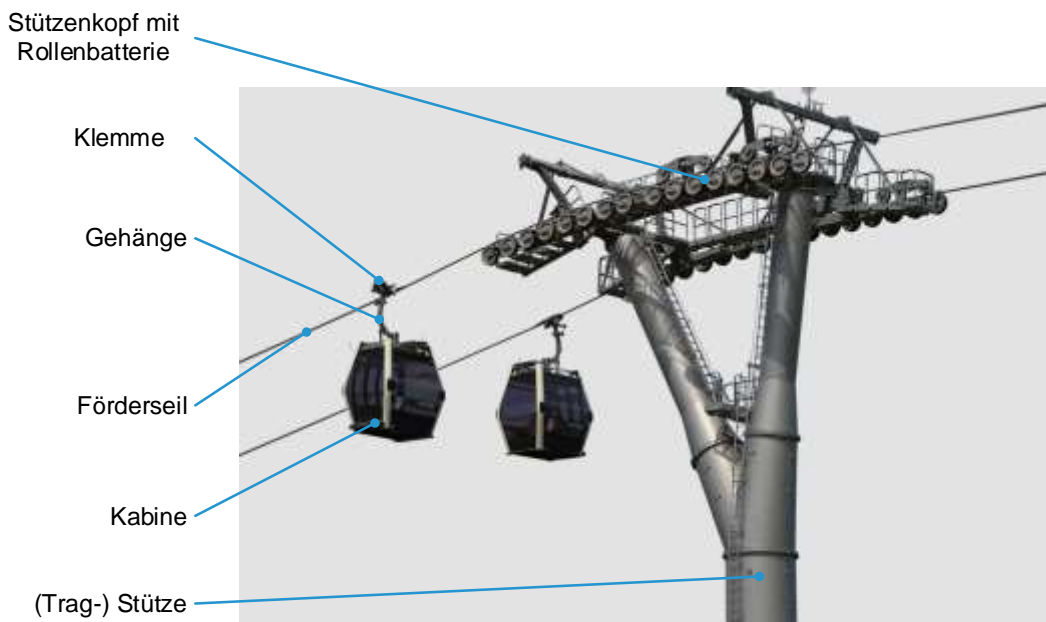


Abbildung 3.10: Wesentliche Teilsysteme einer Seilbahnstütze (und Kabine) [Lei01]

Seilbahnstützen bestehen in der Regel aus einem Stützenschaft mit Fundament, einem Stützenkopf mit Stützenjoch und Wartungspodesten und einer Rollenbatterie pro Fahrtrichtung (Einseilsystem).

Der Stützenschaft wird üblicherweise aus Rundrohr oder Mehrkantprofilen hergestellt. Für sehr hohe Stützen kommt oftmals eine Fachwerkkonstruktion aus Stahlprofilen zum Einsatz. Neben Stahlprofilen kann der Stützenschaft auch aus Beton hergestellt werden. Seilbahnstützen erfüllen je nach Ausführung des Stützenkopfs und der Rollenbatterie verschiedene Funktionen. So wird zwischen Tragstützen, Niederhaltestützen und Wechsellaststützen unterschieden. Eine Übersicht an Stützen unterschiedlicher Bauprinzipien sowie eine Auswahl an architektonischen Sonderlösungen sind in den nachfolgenden Abbildungen dargestellt.



Abbildung 3.11: Übersicht Stützen; [Lei03]



Abbildung 3.12: Konzept einer Fachwerkstütze der Seilbahn Göteborg [Plo23]

3.3.3 Seile

3.3.3.1 Seilaufbau

Wie bereits erläutert beim Seilbahnsystem zwischen Förderseilen, Zugseilen und Tragseilen unterschieden. Zug- bzw. Förderseile werden in der Seiltechnik als laufende Seile, Tragseile als stehende Seile bezeichnet. Bautechnisch handelt es sich dabei um Drahtseile, die aus einer Vielzahl von einzelnen Drähten bestehen. Üblicherweise wird im Bereich der Förder- und Zugseile von Seilbahnen aus 19 bis 36 Drähten eine Litze hergestellt. 6 bis 8 dieser Litzen werden dann spiralförmig um eine Kerneinlage gelegt, wodurch das Seil entsteht. Betrachtet man ein klassisches Seilbahnseil einer Ein-Seil-Umlaufbahn mit der Konstruktion 6 x 36 (6 Litzen mit je 36 Drähte), so verteilt sich die Last also auf insgesamt 216 Drähte. Wenn nun aufgrund von fortschreitender Lebensdauer, Vandalismus oder Blitzschlag einige Drähte brechen, können die verbleibenden intakten Drähte bis zu einem gewissen Grad die Last weiterhin tragen. Durch die

Drachtstruktur des Litzenseiles ergibt sich eine sehr hohe Redundanz in puncto Sicherheit, beispielsweise im Vergleich zu einer Kettenkonstruktion, wo das Versagen eines Kettenglieds bereits zum Versagen des Komplettsystems führt.

3.3.3.2 Seilfunktionen

Das Zug- oder Förderseil dient der Bewegung der Kabinen entlang der Trasse. Bei Umlaufbahnen handelt es sich um ein zur endlosen Schlaufe gespleißtes Litzenseil, welches im Betrieb stetig im Umlauf und somit in Bewegung ist. Je Umlauf passiert jede Seilzone die Antriebsscheibe, die Stützen und die Umlenkscheibe in der Gegenstation. Bei der Antriebs- und Umlenkscheibe wird das Seil um 180 Grad um die Scheibe gebogen. Für diese hohe Biegebeanspruchung bedarf es zwingend einem Litzenseil. Durch den Seilaufbau (Seilkonstruktion) können Relativbewegungen der Drähte innerhalb des Seilverbunds erfolgen, sodass die Biegebeanspruchung eine verhältnismäßig geringe Lebensdauererminderung mit sich bringt.



Abbildung 3.13: Zug- und Förderseil (Litzenseil) [Fat22]

Tragseile sind bei einer Seilbahn nicht in Bewegung, also nach allgemeiner Definition stehende Seile. Sie sind zwischen den Stationen ortsfest und dienen als Tragmittel der Kabinen. Mit entsprechenden Laufwerken können sich die Kabinen entlang des Tragseils bewegen. Tragseile werden in aller Regel als vollverschlossene Spiraldrahtseile ausgeführt. Durch diese Seilkonstruktion weisen sie eine sehr glatte und homogene Seiloberfläche auf, wodurch die Laufwerksrollen der Kabinen ruhig und geräuscharm entlang des Seils bzw. der Trasse laufen. Entgegen einer Litzenkonstruktion sind Tragseile nur in sehr geringem Maße für Biegung geeignet.



Abbildung 3.14: Tragseil (vollverschlossenes Seil) [Fat22]

3.3.3.3 Seilendverbindung

Bei Umlaufbahnen werden die Zug- und Förderseile zu einer endlosen Seilschleife gespleißt. Bei Pendelbahnen wird im Allgemeinen keine endlose Seilschleife verwendet, sondern ein Zugseil und ein Gegenseil. Diese sind an den Kabinen entweder über einen Kegelverguss oder über eine Trommelverankerung (auch Poller genannt) befestigt. Die Befestigung und Abspannung der Tragseile von Umlaufbahnen und Pendelbahnen kann durch zwei Varianten erfolgen.

- Eine Station enthält eine fixe Verankerung durch Poller, in der Gegenstation ist die Spanneinrichtung.
- Beide Stationen enthalten einen Poller, diese Poller können rotieren, um so die erforderliche Seilspannung bzw. den erforderlichen Durchhang zu gewährleisten.

Der Spleiß ist eine Verbindung von zwei Seilenden mit einem kontinuierlichen Übergang von einem Seilende zum anderen. Dabei werden die beiden Seilenden je auf der halben Spleißlänge aufgelöst und wechselseitig ineinandergesteckt. Dadurch ist es möglich, dass das gesamte Seil um die Scheiben und Stützenrollen fahren können.

Die Fixverankerung der Tragseile erfolgt üblicherweise über Poller. Hierbei wird das Tragseil mit mehreren Windungen um einen betonierten meist, mit Holz verkleideten, Zylinder gewickelt. Die komplette Seilzugkraft wird vom Zylinder aufgenommen. Das Seilende wird mit einer Sicherheitsklemme gegen unbeabsichtigtes Verrutschen gesichert



Abbildung 3.15: Langseilspleiß [Fat22]

3.3.3.4 Zugseil-Spanneinheit

Die Seilspannung des Zug- bzw. Förderseils variiert je nach Beladungszustand und Temperatureinfluss. Um die Seilspannung und den Seildurchhang beeinflussen zu können, bedarf es einer Spanneinheit für die Seilschleife. Je nach Ausführung der Stationen befindet sich die Spanneinheit in der Antriebs- oder in der Umlenkstation. Die Spanneinheit setzt sich üblicherweise aus einem Spannwagen und einer Kraftaufbringungseinheit zusammen, die den Spannwagen samt Scheibe bewegen kann. Die Kraftaufbringung erfolgt bei modernen Seilschwebebahnen durch einen oder zwei Hydraulikzylinder. Der Hydraulikzylinder ist fest am Spannwagen montiert und kann somit in beide Richtungen eine Längenänderung der Seilschleife ausgleichen.

3.3.4 Antriebssysteme einer Seilbahn

3.3.4.1 Primärtrieb

Der Antrieb einer Seilschwebebahn kann in zwei Grundausprägungen eingeteilt werden:

- Direktantrieb ohne Getriebe – direkt an der Antriebsscheibe
- Getriebemotor, entweder in Überflur- oder Unterflurausführung

Direktantriebe bestehen aus einem Synchronmotor ohne Getriebe und arbeiten mit einer niedrigen Drehzahl. Die Motorausgangswelle ist direkt mit der Seilscheibe verbunden. Durch den Verzicht des Getriebes ergeben sich entscheidende Vorteile:

- Größtmögliche Laufruhe
- Wirkungsgradverlust eines Getriebes von ca. 5% wird vermieden
- Einsparung von Energiekosten



- Geringe Betriebskosten (keine Getrieberevision, kein Getriebeölwechsel)

Abbildung 3.16: Direktantrieb [Lei06]

Ein Ober- oder Unterflurantrieb besteht aus einem Elektromotor, einer Kupplung und einem mehrstufigen Planetengetriebe. Um höhere Antriebsleistungen zu erreichen können auch zwei Motoren in Serie angeordnet werden. Bei einem Oberflurantrieb sitzt die Antriebseinheit auf einem Antriebsrahmen oberhalb der Seilscheibe. Bei einem Unterflurantrieb sitzt die Antriebseinheit unter dem Stationsgebäude. Eine Antriebswelle verbindet die Antriebseinheit mit der Seilscheibe [Lei06]



Abbildung 3.17: Oberflurmotor [Lei06]

3.3.4.2 Notantrieb

Für den Fall einer Störung in der Energieversorgung der Antriebstechnik oder im Antriebsstrang kann die Seilschwebebahn mithilfe eines Notantriebs weiterhin betrieben. Der Notantrieb dient nicht dem Erhalt des normalen Betriebs, sondern lediglich der Beförderung der Fahrgäste zur nächstgelegenen Station (siehe auch: Rettung).

Der Notantrieb wird meist diesel-hydraulisch betrieben und ist durch Kraftstofftanks, ein gesondertes Hydrauliksystem und Starterbatterien vollständig autark und somit von der Energieversorgung der Station entkoppelt. Für den Fall eines Getriebeschadens oder des Bruchs der Antriebswelle, muss der Notantrieb direkt auf die Antriebsscheibe wirken. An der Antriebsscheibe ist ein Zahnkranz montiert in diesen das Ritzel des Notantriebs bei Bedarf eingeschwenkt wird. Für diesen Fall wird die mechanische Kraftübertragung des Hauptantriebs zur Antriebsscheibe kontrolliert gelöst.

3.3.4.3 Bremseinrichtungen

Der Stillstand der Seilbahnanlage bzw. der Kabinen muss jederzeit und unter den ungünstigsten betrieblichen Last- und Reibungsbedingungen möglich sein. Sodass eine sichere Bremsung des bewegten Seils gewährleistet ist, müssen mindestens zwei unabhängige Bremssysteme in der Antriebsstation vorhanden sein [DIN22]

Beim Betriebshalt der Seilbahn wird die Seilgeschwindigkeit über die Drehzahl des Antriebsmotors bis zum Stillstand verzögert. Für den sicheren Halt der Kabinen fällt dann die Betriebsbremse ein. Sie dient unter normalen Bedingungen als Haltebremse. Im Störfall muss das bewegte Seil jedoch unverzüglich bis zum Stillstand verzögert werden. Im Falle eines Nothalts fällt die Betriebsbremse sofort ein und bremst das Seil mit hoher Verzögerung ab.

Die Betriebsbremse ist in den meisten Fällen antriebsmotorseitig platziert und bremst die schnelllaufende Motorausgangswelle ab, wodurch wiederum die Antriebsscheibe und somit das bewegte Seil abgebremst wird. Für den Fall, dass die mechanische Verbindung zwischen Antriebsmotor

und Antriebsscheibe unterbrochen ist, muss gemäß DIN EN 12929-1 die Sicherheitsbremse direkt auf die Antriebsscheibe wirken. Somit ist sichergestellt, dass die Seilbahn auch bei mechanischen Defekten zwischen Antrieb und Antriebsscheibe bis zum Stillstand verzögert werden kann.

Als redundantes System zur Betriebsbremse ist eine Sicherheitsbremse zwingend erforderlich. Diese ist vollständig unabhängig von dem Bremskreis der Betriebsbremse. Diese kann im Notfall bei einer Störung der Betriebsbremse das bewegte Seil unverzüglich verzögern [Gün99].

Betriebs- und Sicherheitsbremse müssen als passive Bremsen ausgeführt werden. Das bedeutet, dass die Bremse aktiv geöffnet wird und beim Bremsfall als auch bei Stromausfall selbstständig einfällt. Um dies umzusetzen sind die Bremsbacken mechanisch durch z.B. Druckfedern vorgespannt.

Die aktive Öffnung (zusammendrücken der Druckfedern) der Bremse übernimmt ein Hydrauliksystem. Durch Druckabbau im Hydrauliksystem entspannen sich die Druckfedern und die Bremsbacken fallen auf die entsprechende Bremsfläche, wodurch die Bremswirkung eintritt.

3.3.5 Kabine für den urbanen Einsatz

3.3.5.1 Seilbahntyp und Kabinengröße

Je nach Seilbahntyp unterscheiden sich die Kabinengrößen erheblich und somit auch der Ausstattungskomfort. Bei einer **Einseilumlaufbahn** sind üblicherweise 8 bis 10 Sitzplätze auf sich gegenüberliegenden Sitzbänken vorhanden. Diese sind je nach Variante hochklappbar um Platz für einen Kinderwagen oder einen Rollstuhl zu schaffen. Ausgewiesene Stehplätze sind nicht vorgesehen. Durch die geringe Größe der Kabine ist der Ausstattungskomfort eher mittel bis gering.



Abbildung 3.18: Kabinenbeispiel Einseilbahn [Lei03]

Zwei- und Dreiseilumlaufbahnen können durch die Aufteilung von Zug- und Tragseil höhere Traglasten befördern. Somit können größere Kabinen und ein höheres Ausstattungsniveau umgesetzt werden. Kabinen für den urbanen Einsatz sind meist mit Sitz- und Stehmöglichkeiten ausgestattet. Je nach Ausführung können Sitzgelegenheiten modular entnommen oder weggeklappt werden, um mehr Bodenfläche für beispielsweise den Transport von sperrigen Gütern, Kinderwagen oder Rollstühlen zu ermöglichen.

Pendelbahnen bieten üblicherweise Großraumkabinen. Hier sind vermehrt Stehplätze und nur vereinzelt Sitzplätze vorhanden. Dadurch können sehr große Förderkapazitäten und auch eine Fahrradmitnahme bzw. Raum für Rollstühle etc. ermöglicht werden.

Unabhängig vom Seilbahnsystem und der Seilbahnkabine ist auf einen **barrierefreien** Ein- und Ausstieg zu achten. Besonders wichtig ist hierbei der ebene Ein- und Ausstieg der Kabine, breite Türöffnungen und griffige Bodenbelag.

Über die Frage eines erforderlichen Stillstands der Kabine wird in Deutschland diskutiert. Im Ausland wird i.d.R. auf einen Stillstand verzichtet.

3.3.5.2 Gestaltung und Ausstattung

Neben den Stationen und den Stützen sind die Kabinen für das äußere Erscheinungsbild einer Seilbahn ausschlaggebend. **Sonderkabinen** sind gegenüber den Standardkabinen der Seilbahnhersteller deutlich teurer, bieten sich jedoch als Attraktivitätssteigerung für das Quartier an und können zur Förderung der Akzeptanz einer Seilbahn beitragen. Neben Kabinen, die eine besondere Form- und Designsprache übermitteln (Materialien für Nachhaltigkeit) oder eine besondere Verglasung mit einem Rundumblick aufweisen, sind beispielsweise auch Sonderkonstruktionen wie doppelstöckige Kabinen mit offenem Oberdeck denkbar.

Doppelstöckige Kabinen sind für die Anforderungen im urbanen Raum nicht zielführend, da es stets anzustreben ist, den Personenstrom schnell und kontinuierlich zu befördern. Durch das hohe Fassungsvermögen dieser Kabinen würde der Ein- und Ausstieg zu viel Zeit in Anspruch nehmen. Die Abbildungen dienen lediglich der Vollständigkeit und können ggf. als Inspiration dienen.

Bei der Innenausstattung der Kabinen bietet sich ebenfalls ein breites Gestaltungsspektrum. Sowohl in der Raumaufteilung wie auch in der technischen Ausstattung bieten sich für die urbane Anwendung zahlreiche Angebote. Entwürfe zur Innenraumgestaltung am Beispiel einer 3S-Kabine:

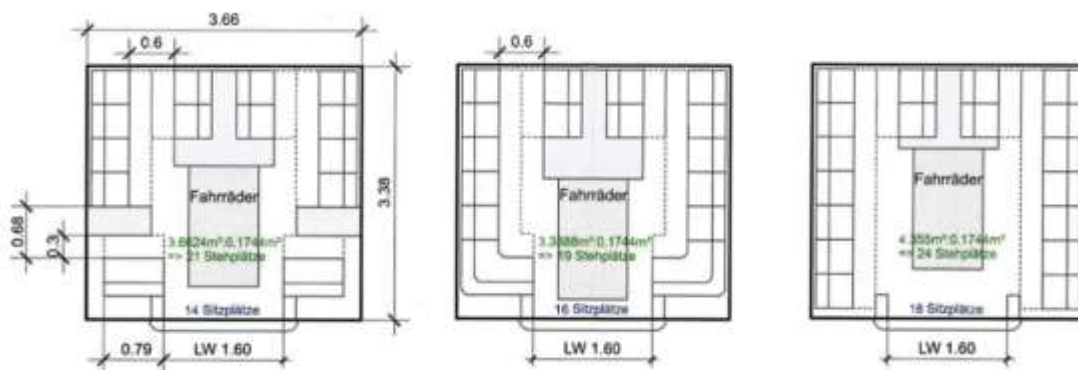


Abbildung 3.19: Beispielhafte Gestaltungen einer 3S-Kabine [eigene Darstellung]

Sonderanwendungen für unterschiedliche Einsatzbereiche können bei einzelnen Kabinen berücksichtigt werden. Das Spektrum kann dabei von luxuriöser Ausstattung als VIP-Kabine für be-

sondere Anlässe bis hin zu Transportkabinen für Güter- und Logistikeinsätze reichen. In Abhängigkeit der erforderlichen Beförderungskapazität einer Seilbahnstrecke lassen sich einzelne Sonderausführungen in das gesamte Kabinenangebot einbauen.

Auch im Hinblick auf Anforderungen an Komfort und technische Ausstattung lassen sich zahlreiche Elemente einbauen. Teilweise werden Grenzen hierbei durch die erforderliche Stromversorgung gesetzt. Insbesondere im Bereich der Klimatisierung ergeben sich teilweise Einschränkungen, wenn Strom nur mit Batterien oder Akkus bereitgestellt werden (z.B. Einseilbahn). Kabinensysteme, die mit eigener Stromerzeugung (Radgenerator, z.B. 2S- oder 3S-Systeme) ausgestattet werden können, erhöhen die Flexibilität.

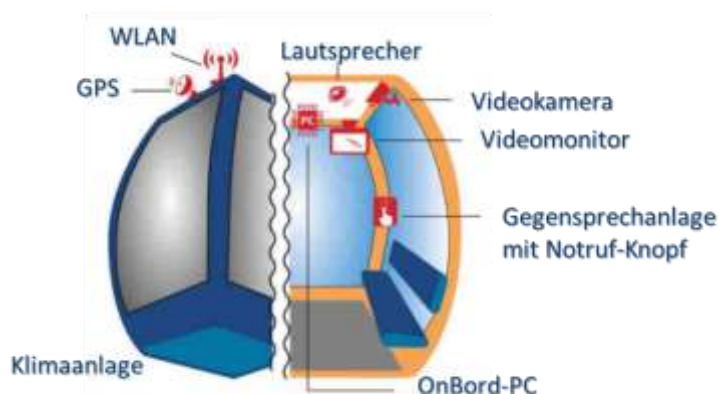


Abbildung 3.20: Ausstattungselemente einer Seilbahnkabine, in Anlehnung an [Mon17]

Zur Berücksichtigung von sensiblen Umgebungs- oder Überfahrungsbereichen einer Seilbahntrasse können sich Anforderungen ergeben, die die Sicht aus der Kabine einzuschränken. Die Einsichtnahme z. B. auf private Grundstücke oder Liegewiesen in Freibädern kann Einschränkungen hervorrufen. Durch einen automatischen oder permanenten Sichtschutz der Kabinenverglasung kann die Sicht nach draußen, aber auch die Sicht in die Kabine, eingeschränkt werden. Der Sichtschutz kann vollflächig oder nur partiell, z. B. für die untere Hälfte der Scheiben, ausgeführt sein. Die Blickrichtung aus der Kabine nach unten wird eingeschränkt, die Weitsicht über die Stadt und Landschaft bleibt aber erhalten.

3.3.6 Garagierung der Kabinen

Zum Schutz vor äußeren Einflüssen ist es vorteilhaft die Kabinen außerhalb der Betriebszeiten oder bei längerem Nichtgebrauch gesichert abzustellen. Bei Pendelbahnen befinden sich die Kabinen außerhalb der Betriebszeiten immer in den beiden Stationen. Bei Umlaufbahnen bedarf es hingegen zur **Garagierung** geeignete Abstellflächen für die genutzten Kabinen und ggf. weitere Reservekabinen. Grundsätzlich bieten sich drei Möglichkeiten an, Kabinen zu garagieren:

- Stationsgaragierung
- Schleifenbahnhof mit Garagierungshalle
- Stichgleisbahnhof mit Garagierungshalle

Bei der **Stationsgaragierung** werden die Kabinen direkt im Stationsumlauf abgestellt. Dadurch kann eine zusätzliche Garagierungshalle für alle Kabinen entfallen. Es ergeben sich Platz- und Kostenvorteile [Lei03]. Für die Wartung der Kabinen ist es dennoch erforderlich ein Betriebsgebäude vorzuhalten. Um auf Stoßzeiten und Zeiten mit geringem Fahrgastaufkommen flexibel reagieren zu können, ist ggf. die Unterbringung von Reservekabinen in diesem Betriebsgebäude vorzusehen. Die Stationsunterbringung bietet insbesondere bei längeren Seilbahnen den Vorteil einer schnelleren Betriebsaufnahme, da die Kabinen aus jeder Station heraus starten können und nicht erst alle von einer zentralen Garagierungshalle beginnen (gilt umgekehrt auch für den Betriebsschluss).

Stichgleis- und **Schleifenbahnhof** benötigen eine zusätzliche Garagierungshalle (oftmals auch Bahnhofshalle), die entweder direkt neben dem Stationsumlauf oder unterhalb einer Station angeordnet ist. Sie werden gleichzeitig auch als Betriebsgebäude für die Wartung der Kabinen ausgestattet.

3.4 Anforderungen an die Sicherheit

3.4.1 Räumen und Bergen

Jede Seilbahn muss so geplant, gebaut und betrieben werden, dass im Fall eines längeren Stillstands die beförderten Personen umgehend informiert werden können. Kann innerhalb der ersten 30 Minuten die Wiederaufnahme des Betriebs nicht sichergestellt werden, muss mit der Bergung der Passagiere begonnen werden. Innerhalb von 3,5 Stunden (gezählt ab Stillstand der Anlage) müssen die Passagiere an einen sicheren Ort gebracht werden.

Im Störfall ist es immer anzustreben, die Kabinen in die nächstgelegene Station zu fahren. Ist dies jedoch aufgrund technischer Probleme nicht möglich, muss die Bergung der beförderten Personen eingeleitet werden. [DIN22], [Nej17]

Die **konventionellen Bergekonzepte**, wie Bergung durch Abseilen oder Bergung mittels Hub-schrauber, sind bei schlechten Witterungsverhältnissen aber auch bei der Bergung von beispielsweise mobilitätseingeschränkten Personen nachteilig. Sie sind im urbanen Raum weniger empfehlenswert, als eine integrierte Räumung.

Zu den konventionellen Bergemethoden wird auch der Einsatz einer gesonderten Bergebahn gezählt. Die Kabine der Bergebahn ist in der Lage, entweder auf einem separaten Bergeseil oder auf den Seilen der Hauptanlage zu fahren. Der Antrieb der Bergebahn ist unabhängig vom Antrieb der Hauptanlage. Die Passagiere der Hauptkabine können in die Bergebahn umsteigen werden dann zur nächstgelegenen Station in Sicherheit gebracht.

Bei der **integrierten Räumung** wird durch technische, organisatorische und betriebliche Maßnahmen sichergestellt, dass das Zugseil bzw. das Förderseil unter allen Umständen bewegt werden kann und so die Fahrgäste in den Kabinen sitzen bleiben können und zurück in eine Station gebracht werden können. Daher spricht man nicht von einem Bergekonzept, sondern von einem Räumungskonzept. Dieses System ist aktuell bei Umlaufbahnen und bei Pendelbahnen ohne Tragseilbremse möglich und empfehlenswert.

Die Vorteile der integrierten Räumung:

- Fahrgäste können in ihren Fahrzeugen bleiben

- Fahrgäste werden in die Stationen zurückgebracht
- Komplizierte Bergevorgänge sind nicht mehr erforderlich
- Keine Risiken durch ungewohntes Handling mit Bergevorgängen

Damit die integrierte Räumung ein konventionelles Bergekonzept ersetzen kann, sind einige technische Ausstattungsmerkmale bei der Planung und beim Betrieb der Seilbahn zu berücksichtigen² [Nej17]:

- Einhaltung der Anforderungen gemäß DIN EN 1909: „Sicherheitsanforderungen an Seilbahnen für den Personenverkehr – Räumung und Bergung“
- Einbau eines zweiten unabhängigen Notantriebs, der nicht auf die Antriebsscheibe wirkt, sondern auf die Umlenkscheibe in der Gegenstation.
- Notlauf Lagerung bei allen Seilscheiben
- Einrichtungen zum Entfernen eines den Stationsumlauf blockierenden Fahrzeuges (nur bei Einseilumlaufbahn)
- Seillageüberwachung an den Stützen (nur bei Einseilumlaufbahnen)
- Klemmen an den Tragseilauflagen der Stützen, um Tragseilentgleisungen zu vermeiden (bei Dreiseilumlaufbahnen und Pendelbahnen)
- Notlaufeigenschaften der Laufwerke auf den Tragseilen im entgleisten Zustand (bei Dreiseilumlaufbahnen und Pendelbahnen)
- Ggf. Erreichbarkeit der Stützen durch das Personal vom Boden entlang des Seiles

3.4.2 Wartung

Aufgrund der Nutzung als öffentliches Verkehrsmittel steht die urbane Seilbahn vor größeren technischen Herausforderungen als eine saisonal genutzte alpine Seilbahn. Die Betriebszeiten einer alpinen Seilbahn beschränken sich in der Winter-Saison häufig auf November bis April. So ergeben sich zirka 180 Betriebstage. Wird ein täglicher Betrieb von 8 Stunden angenommen, ergeben sich pro Saison 1440 Betriebsstunden.

Bei urbanen Seilbahnen im öffentlichen Nahverkehr ist von einer ganzjährlichen Nutzung auszugehen. Wird eine zweiwöchige Pause für größere Wartungs- und Instandhaltungsmaßnahmen angenommen, in der die Bahn komplett stillsteht, so ergeben sich 351 Betriebstage im Jahr. Bei einer angenommenen Betriebszeit von 5:00 bis 22:00 Uhr resultiert daraus eine Betriebsdauer von 17 Stunden pro Tag, also exemplarisch etwa 6000 Betriebsstunden pro Jahr. Dies entspricht dem vierfachen einer saisonal genutzten alpinen Seilbahn.

Diese höhere Betriebsdauer wirkt sich deutlich auf die Standzeit von Verschleißteilen und anderen Komponenten aus. Durch die ganzjährige Nutzung müssen die Wartungs- und Instandhaltungsmaßnahmen nachts oder an den schon vorher feststehenden Revisionstagen durchgeführt werden. Der Zeitplan für die anstehenden Arbeiten ist im Gegensatz zur alpinen Seilbahn sehr

² Anmerkung:
Es befasst sich ab dem ersten Halbjahr 2023 eine Arbeitsgruppe mit der Überarbeitung der bestehenden Norm DIN EN 1909 (Sicherheitsanforderungen an Seilbahnen für den Personenverkehr - Räumung und Bergung). Eines der Ziele dieser Überarbeitung wird die Aufnahme des Räumungskonzepts „integrierte Räumung“ sein.

eng getaktet und ein außerplanmäßiger Betriebsausfall ist unter allen Umständen zu vermeiden. Um eine maximale Anlagenverfügbarkeit zu gewährleisten muss bei urbanen Seilbahnen ein angepasstes Wartungskonzept eingesetzt werden. Vor allem durch die **präventive Wartung**, die in festgelegten Abständen oder nach vorgeschriebenen Kriterien eine Wartung der Bauteile vorsieht, kann die Ausfallwahrscheinlichkeiten dieser Bauteile vermindert werden. Damit wird angestrebt, die Instandhaltungsmaßnahmen so zu planen und auszuführen, dass einem möglichen Funktionsausfall – beispielsweise einer Bremse oder einer Seilrolle – entgegengewirkt wird. Je häufiger diese präventive Wartung ausgeführt wird, desto geringer wird das Ausfallrisiko des bestimmten Bauteils. Wartungskosten und Zeitaufwand für die Wartung steigen jedoch an [DIN22].

Um eine maximale Anlagenverfügbarkeit zu gewährleisten können, neben der präventiven Wartung, weitere zusätzliche Maßnahmen zur Risikominderung für eine Seilbahnanlage vorgesehen werden:

- Auslegung von sicherheitsrelevanten und für den laufenden Betrieb essentiellen Bauteilen und Komponenten für die größeren technischen Anforderungen (größere Anzahl an Betriebsstunden).
- Installation von redundanten Sicherheitsbauteilen (beispielsweise mehrfach ausgeführtes Bremssystem).
- Installation von mehreren Antriebsmotoren unterschiedlicher Wirkungsweise (Diversität) (Elektrischer Hauptantrieb und diesel-hydraulischer Notantrieb).

4. Seilbahnspezifische Kenngrößen

4.1 Baulich-betriebliche Kenngrößen

Durch den Einsatz von Seilschwebebahnen können kostspielige Verkehrsalternativen wie schienegebundene Verkehrsmittel, die zum Teil auch im Untergrund verkehren, ersetzt oder zumindest sinnvoll erweitert werden. Durch die Schaffung der Ebene +1 wird eine weitere exklusive Fahrbahn für die Seilschwebebahn geschaffen, die das Potential hat den Straßenverkehr und die klassischen ÖPNV-Systeme zu entlasten.

Entgegen den bereits heute weitverbreiteten Bergbahnen werden an urbane Seilschwebebahnen im ÖPNV-Netz deutlich höhere Anforderungen an die Zuverlässigkeit und Verfügbarkeit gestellt. Dies ist aber durch die langjährige Erfahrung der Seilbahnhersteller aus dem alpinen Bereich und zum Teil auch schon aus dem urbanen Bereich im Ausland, als auch durch die hohe Kompetenz der Komponentenlieferanten und dem Wartungspersonal sichergestellt. So kann eine erfolgreich betriebene urbane Seilschwebebahn bei einer beispielhaften Förderleistung von 8000 Fahrgästen je Stunde und Richtung bis zu 2000 PKWs oder 100 Busse pro Stunde ersetzen. Neben der erheblichen Entlastung des Straßenverkehrs und der daraus resultierenden Einsparung von Schadstoffemissionen durch Verbrennungsmotoren der PKWs und Busse haben Seilschwebebahnen noch weitere Vorteile [Mer18]

- Der Bau einer Seilschwebebahn ist durch den Einsatz von vormontierten Komponenten binnen weniger Monate durchführbar.
- Eine Flächenversiegelung erfolgt ausschließlich im Bereich der Stützen und der Stationen. Dadurch ist zudem auch der Umfang von Baulärm deutlich geringer, als das beispielsweise bei U-Bahnen der Fall ist.
- Seilschwebebahnen werden durch einen Elektromotor betrieben und verursachen somit keine direkten bzw. lokalen Emissionen.
- Seilschwebebahnen haben keine Berührungspunkte mit anderen Trassen, Kabinen oder Verkehrsmittel; dadurch ist der Betrieb äußerst unfallfrei und sicher.

Neben diesen Kriterien, die eine Bewertung und Gegenüberstellung zwischen Seilschwebebahnen und anderen Verkehrsmitteln ermöglichen, können noch weitere betriebliche und verkehrliche Kriterien herangezogen werden.

4.1.1 Beförderungsleistung

Der VDV formuliert in seinen Richtlinien und Schriften insbesondere für Busse eine Auslastungsgrenze, bei der ein Fahrzeug als voll angesehen werden darf. Dies entspricht nicht der 100%igen Auslastung, sondern je nach Komfortanspruch 65% bis 80% der maximalen Auslastung. Dies hat folgende Gründe:

- Ein sehr hoher Auslastungsgrad verursacht erhöhte Ein- und Ausstiegszeiten. Verspätungen können die Folge sein.
- Ein hoher angestrebter Komfortanspruch kann bei hohen Auslastungen nicht mehr gewährleistet werden.

Die angewandten Schwellenwerte für die Stadtbahnen und die Busverkehre korrespondieren mit dem VDV-Ansatz, wonach die durchschnittliche Auslastung bezogen auf die Summe der Sitz- und Stehplätze in der Spitzenstunde 65 % nicht überschreiten sollte. Diese Herangehensweise ist ebenfalls für die Seilschwebebahn anwendbar. Jedoch ist hierbei stets zu beachten, dass dadurch die Reisezeit des Kunden und der wirtschaftliche Betrieb der Seilschwebebahn negativ beeinflusst werden. Die maximalen Kabinengrößen variieren stark von der Bauform der Seilschwebebahn:

- Einseilumlaufbahn : bis zu 10 Personen
- Zweiseilumlaufbahn : bis zu 16 Personen
- Dreiseilumlaufbahn : bis zu 35 Personen
- Pendelbahn : bis zu 200 Personen

Die **Stationsaufenthaltszeit** bei **Seilbahnen** entspricht i.d.R. einer festen Zeit und ist abhängig von der Stationsgeschwindigkeit, der Seilgeschwindigkeit und der Länge der Bahnsteige / Station. Zudem sollten Seilbahnkabinen so ausgelegt sein, dass eine Überfüllung nicht möglich ist, um das maximale Lastgewicht nicht zu überschreiten. Damit ist grundsätzlich ein hoher Komfort gewährleistet.

Die **Reisezeit** ist insbesondere aus Kundensicht ein sehr wichtiges Kriterium. Die Reisezeit ist die Summe der Zu- und Abgangszeiten, der Beförderungs-, Umsteige- und Wartezeiten über die gewählte Verbindung. Sie ist stark von der Anzahl der Kabinen am Seil abhängig. Durch eine höhere Anzahl an Kabinen erhöhen sich die Taktfrequenz sowie der maximal mögliche Förderstrom. Die Aufenthaltsdauer bzw. die Wartezeit in der Station am Bahnsteig wird reduziert wodurch die subjektive Beförderungsqualität erhöht werden kann. Diesen Sachverhalt verdeutlicht das nachfolgende Schaubild (Abbildung 4.1). Darin ist zu erkennen, dass mit steigender Anzahl an Kabinen am Seil die Kabinenfolgezeit und folglich auch die Reisezeit der Kunden verringert wird.

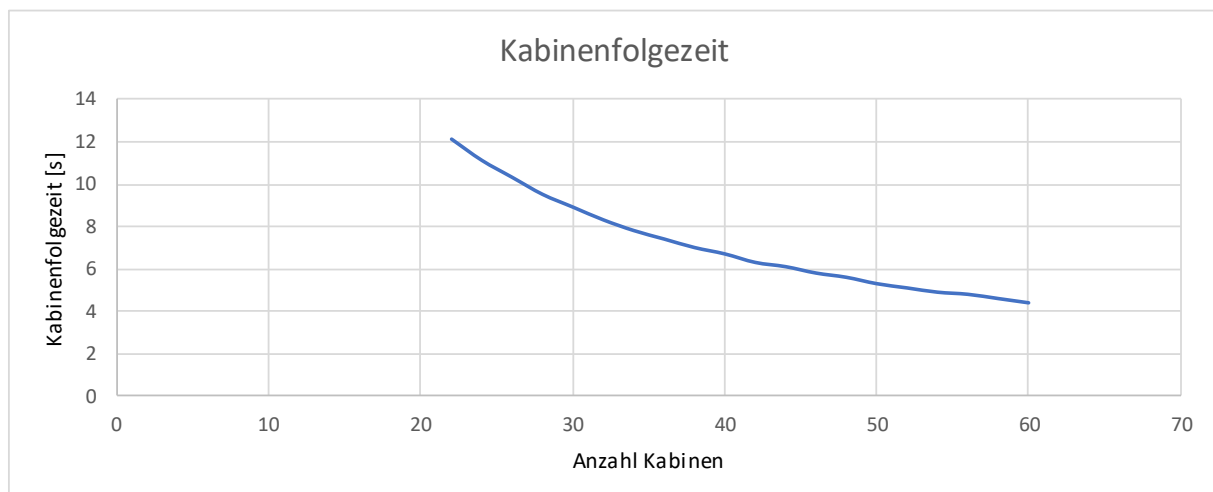


Abbildung 4.1: Zusammenhang zwischen Kabinenfolgezeit und Kabinenanzahl
(Streckenlänge: 1,2 km / Fahrgeschwindigkeit: 4,5 m/s)

4.1.2 Sicherheit im Betrieb

Eine Gewährleistung der **Sicherheit** bei Seilschwebebahnen kann sowohl in subjektiver Hinsicht als auch objektiv in betrieblicher Hinsicht mit entsprechenden Maßnahmen erreicht werden. Um das Sicherheitsgefühl der Kunden und Kundinnen zu steigern können Instrumente wie Videoüberwachung, Begleitung durch Personal und ausreichende Beleuchtung vorgesehen werden. Die Betriebssicherheit der Seilschwebebahn kann durch ein spezifisches Sicherheitskonzept erreicht werden. Dabei wird bei der Planung und im Betrieb auf Redundanz und Diversität der relevanten Komponenten gesetzt sowie bei sicherheitskritischen Bauteilen wie der Sicherheitsbremse auf das sogenannte „Fail-Safe-Prinzip“. Durch den hohen Erfahrungsschatz hinsichtlich der Betriebssicherheit von Bergbahnen weisen die zugrunde gelegten Richtlinien und Normen sehr hohe Anforderungen auf. So werden in regelmäßigen Abständen die sicherheitsrelevanten Bauteile, wie beispielsweise die Seile, von externen Sachverständigen geprüft. Neben der hohen Kompetenz der Sachverständigen weisen auch die Betriebsleiter ein umfangreiches technisches Wissen auf.

4.1.3 Kosten

Da urbane Seilbahnen für eine deutlich höhere Betriebsstundenzahl ausgelegt sind und die Verfügbarkeit einen hohen Stellenwert hat, können die Baukosten nicht unmittelbar von Bergbahnen übernommen werden. Stationsgebäude sind beim Bau ein wesentlicher Kostenfaktor. Daher ist es auch abzuwägen, wie viele Zwischenstationen notwendig sind, um die erforderlich Erschließung des Systemangebotes zu sichern und gleichzeitig ein gewünscht engmaschiges Angebot von ÖPNV-Haltestellen vorzuhalten.

Anhaltswerte für die Baukosten sind stark projektabhängig und können daher nicht pauschal angegeben werden. Um belastbare Kostenkennwerte zu ermitteln, sollten mindestens folgende Entscheidungen oder Abschätzungen erfolgt sein:

- Standortbestimmung und grobe Trassenführung
- Art des Seilbahnsystems
- Anzahl der Stützen
- Anzahl der Stationen bzw. Zwischenstationen
- Anzahl der Kabinen und Ausstattungsmerkmale

Gegenüber bodengebundenen Systemen und dazu ggf. erforderlichen Ingenieurbauwerken wie Unterführungen, Tunnel, Brücken, etc. sind die Kosten des Fahrwegs einer Seilschwebebahn tendenziell geringer. Bedarf die Trassenführung im städtischen Raum jedoch einer horizontalen Ablenkung (Richtungsänderung), sind dazu Zwischen- oder Ablenkstationen erforderlich, da Richtungsänderungen an Stützen nur in geringem Maße möglich sind. Gegenüber reinen Ablenkbauwerken kann an einer Zwischenstation die Möglichkeit eines Fahrgastwechsels angeboten werden. Beide Varianten führen zu einer Kostensteigerung und zu Zeitverlusten beim Seilbahnsystem.

4.1.4 Flächenbedarf und Barrierefreiheit

Eine **barrierefreie** Stationsgestaltung von Seilschwebebahnen ist erforderlich, aber oftmals aufgrund der in einer höheren Ebene gelegenen Ein- und Ausstiegsebene eine keinesfalls triviale Anforderung. Für die Wahrung der Barrierefreiheit sind Aufzüge in allen Stationsgebäuden notwendig. Zusätzlich sind Treppenhäuser und gegebenenfalls Rolltreppen notwendig um einen schnellen und komfortablen Fahrgastwechsel zu begünstigen. Ein ähnliches Problem besteht bei unterirdischen Stationen von z.B. U-Bahnen und S-Bahnen. Auch bei in diesen Fällen werden barrierefreie Zugänge über Aufzüge sichergestellt. Entsprechend der Verordnung über die behindertengerechte Gestaltung des öffentlichen Verkehrs sind unter anderem die Haltestellen auf Rollstühle und in der Regel auch auf Behinderten-Elektro-Scooter, Rollstühle mit koppelbaren elektrischen Antriebsgeräten und ähnliche Fahrzeuge auszurichten.

Bodengebundene Verkehrssysteme stehen häufig im Konflikt mit den verfügbaren und nutzbaren **Verkehrsflächen und Fahrwegen**. Durch eine Priorisierung der Gestaltung der Verkehrswege am Boden kann der Verkehrsablauf und somit die Attraktivität gesteigert werden. Die maximale Priorisierung eines Fahrwegs wird durch einen eigenen Fahrweg erreicht. Bei bodengebundenen Systemen steht dem gegenüber jedoch der hohe Flächenbedarf eines eigenen Fahrweges. Verkehrssysteme wie die Seilschwebebahn sind von den bodengebundenen Fahrwegen unabhängig und weisen so entscheidende Vorteile auf. Sie sind vollständig unabhängig vom restlichen Verkehr und erzeugen damit auch keine negativen Einflüsse auf diesen. Zusätzlich ist der Flächenverbrauch, begrenzt auf die Stützen und Stationen, im Vergleich zu bodengebundenen Verkehrsmitteln mit eigenem Fahrweg sehr gering. Die eingesparten Flächen lassen sich dann für andere Zwecke, wie beispielsweise Radwege, breitere Gehwege, oder Naherholungsflächen nutzen.

Diese Tatsache verdeutlicht die nachfolgende Abbildung 4.2. Darin ist deutlich zu erkennen, dass die Flächeninanspruchnahme von Seilschwebebahnen gegenüber dem Straßen- und Schienenverkehr erheblich geringer ist.

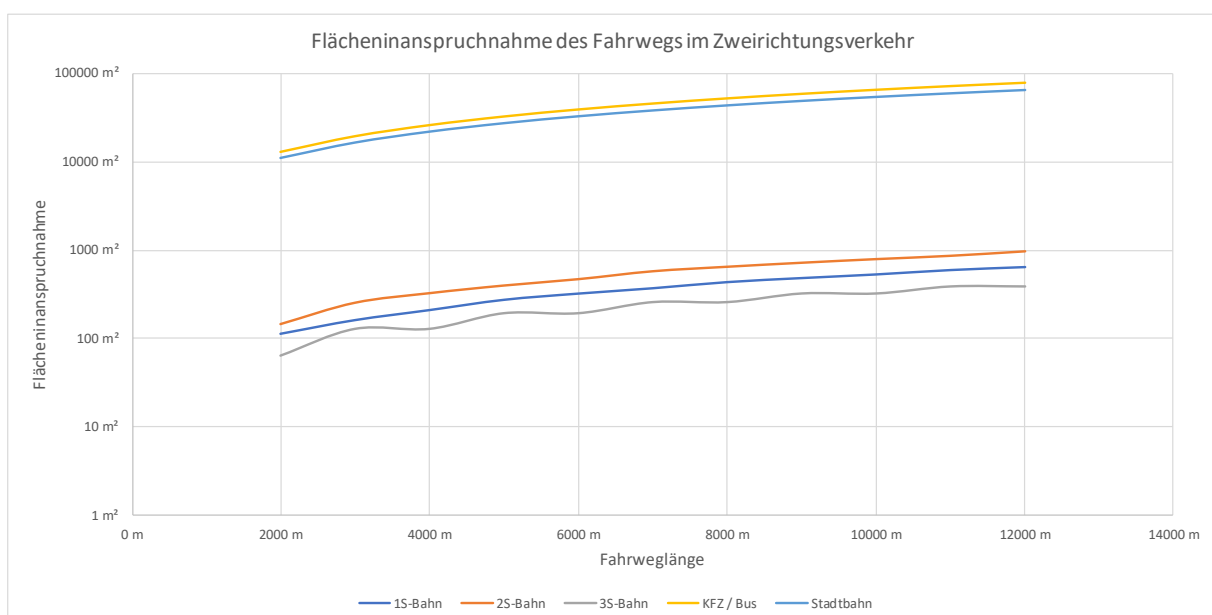


Abbildung 4.2: Flächeninanspruchnahme des Fahrwegs im Zweirichtungsverkehr

Durch die Haltestellen werden die **räumliche Erschließung** und die **Verfügbarkeit** des Verkehrsangebotes bestimmt. Wenige Haltestellen in einem Gebiet mit großen Einzugsbereichen resultieren in langen mittleren Wegezeiten für den Hin- und Rückweg und vermindern die Verbindungsqualität des ÖPNV-Angebotes. Viele Haltestellen mit kleinen Einzugsbereichen führen entsprechend zu einer Verbesserung dieser Verbindungsqualität, sie resultieren aber in häufigeren Haltestellenaufenthalten. Aus wirtschaftlichen Überlegungen lassen sich solche Gebiete über kleine Einzugsbereiche erschließen, die hohe Nachfragepotentiale erwarten lassen. Für Gebiete mit geringeren Nachfragepotenzialen werden die Einzugsbereiche entsprechend größer ausgelegt.

Je nach Seilbahntyp ergeben sich unterschiedliche **Aufenthaltszeiten** der Fahrgäste in der Station. Bei Pendelbahnen sind Aufenthaltszeiten von mehreren Minuten die Regel. Je nach Station könnten sich auch weitere Gewerbe wie Bäcker, Blumengeschäft oder ein Zeitschriftengeschäft ansiedeln. Bei Umlaufbahnen ist die Aufenthaltsdauer der Fahrgäste sehr gering, daher bieten sich Zusatzangebote innerhalb der Station weniger an.

Abhängig davon ob die Seilschwebebahn in eine **bestehende Stadt- und ÖPNV-Struktur** eingebunden werden muss oder ob ein **Quartier** vollständig neu entwickelt wird, ergeben sich spezifische Anforderungen an die Trassenführung und die Seilbahnstation. Bei der Planung der Seilbahnstation können alle Anforderungen berücksichtigt werden. Sowohl architektonisch aufwendige Bauwerke wie auch kostengünstige und zurückhaltende Baukastenlösungen für Seilbahnstationen sind umsetzbar. Auch ein mehrgeschossiges Gebäude in dem sich im Erdgeschoss Ladengeschäfte befinden und im darüber gelegenen Geschoss die Seilbahnstation ist realisierbar.

4.1.5 End- und Zwischenstationen

Die optimalen **Haltestellen- bzw. Stationsabstände** von Verkehrsmitteln hängen von vielen Faktoren ab. In einer Untersuchung der TU Graz wurden für Standardparameter der optimale Haltestellenabstand bei 5 km Trassenlänge und Haltestellenaufenthaltszeiten von etwa 44 Sek. bei einer Streckengeschwindigkeit von $V_{\max} = 7,5$ m/s berechnet. Dabei ergab sich ein optimaler Haltestellenabstand von 833 Meter. Je nach Sensitivität ergaben sich wie zu erwarten leichte Verringerungen und Vergrößerungen der Haltestellenabstände. [Grit16]

Das Bayerische Staatsministerium für Wohnen, Bau und Verkehr empfiehlt in seinem Leitfaden „Leitfaden für die Entwicklung von Seilbahnen an urbanen Standorten“ einen Haltestellenabstand von 800 bis 1000 Meter. Ansätze für den konventionellen ÖPNV werden in [Kol19] angegeben.

Da die Haltestellenplanung maßgeblich von städtebaulichen Randbedingungen abhängig ist, können die angegebenen Haltestellenabstände lediglich als Richtwert zu verstehen sein.

Tabelle 4.1: Haltestellenabstände in Anlehnung an [Grit16], [Kol97]

Verkehrsmittel	Haltestellenabstand
<i>Klein- und Mittelstädte</i>	
Stadtbus	150 m bis 250 m
<i>Mittel- und Großstädte</i>	
Bus	250 m bis 600 m
Straßenbahn	250 m bis 600 m
Seilschwebebahnen	800 m bis 1.000 m
U-Bahn	400 m bis 1.500 m
S-Bahn	600 m bis 2.500 m

4.2 Umweltsensitive Kenngrößen

Eine urbane Seilschwebebahn kann auf verschiedene Weise umweltsensitive Kenngrößen aufweisen, je nach dem Standort, der Umgebung und der Art des Systems. Da Seilbahnen nach dem Paternosterprinzip arbeiten, ist der Betrieb **energieeffizient**. Der elektrisch betriebene Antrieb erzeugt keine direkten **Luftschadstoffe**. Außerdem wird durch den zentralen Antrieb nur punktuell Lärm emittiert, dies kann jedoch durch eine geeignete Schallsolation des Antriebsraums auf ein Minimum reduziert werden. Während des Betriebs der Seilbahn entstehen weitere punktuelle **Lärmbelastungen**. Vor allem bei der Stützenüberfahrt einer EUB entstehen Geräusche und Vibrationen. Im Vergleich zu den klassischen Verkehrsmitteln des ÖPNV ist die Lärmbelastung einer Seilschwebebahn verhältnismäßig gering.

4.2.1 Flächenverbrauch und Versiegelung

Flächenverbrauch und **Flächenversiegelung** einer Seilschwebebahn ergeben sich aus der Anzahl der Stationen und der Stützen bzw. Streckenbauwerke. Für die Trasse, die in der Ebene +1 durch Seile gebildet wird, sind keine weiteren Flächen oder Flächenversiegelungen notwendig. Auch unterhalb der Trassen ist bei modernen Seilbahnsystemen keine Freifläche, z. B. eine Waldschneise, erforderlich. Dies ist vor allem im Hinblick auf die Errichtung in dicht besiedelten urbanen Strukturen ein großer Vorteil gegenüber den klassischen bodengebundenen ÖPNV-Systemen, die einen asphaltierten Fahrweg oder ein Gleisbett benötigen.

Die **Trennwirkung** die durch die Trasse, die sich bewegenden Kabinen und die Stützen entsteht, ist im Verhältnis zu der hervorgerufenen Trennwirkung von Straßen und Schienen nahezu vernachlässigbar. Durch die Nutzung der Ebene +1 werden die unterhalb der Trasse befindlichen **Flächen** nicht in Anspruch genommen. Dadurch können Verkehrsinfrastruktur neben Natur- und Lebensräume für Menschen und Tiere parallel und weitestgehend konfliktfrei bestehen. [BMDV22]

4.2.2 Lebenszyklusanalyse

Die Bewertung und Beurteilung dieser und weiterer Umweltauswirkungen eines Produktsystems erfolgt anhand der **Ökobilanz** oder der **Lebenszyklusanalyse** nach DIN EN ISO 14040 bzw. 14044. Hierbei werden die potenziellen Umweltauswirkungen eines Produktsystems über den gesamten Lebenszyklus beurteilt. Eine Ökobilanz umfasst dabei die nachfolgenden vier Phasen [DIN22]:

- **Phase 1: Festlegung des Ziels und des Untersuchungsrahmens**
- **Phase 2: Erstellung einer Sachbilanz**
Sie umfasst die Sammlung der Daten, die zum Erreichen der Ziele der festgelegten Studie notwendig sind.
- **Phase 3: Wirkungsabschätzung**
Bereitstellung zusätzlicher Informationen zur Unterstützung der Einschätzung der Sachbilanzergebnisse eines Produktsystems, um deren Umweltrelevanz besser zu verstehen.
- **Phase 4: Auswertung**
Abgleich der Übereinstimmung des festgelegten Ziels. Zusammenfassung und Diskussion von Schlussfolgerungen, Empfehlungen und Entscheidungshilfen.

In der ökologischen Gesamtbetrachtung über den gesamten Produktlebenszyklus ist die Seilschwebebahn die umweltfreundlichste Mobilitätslösung. Als Basis für diese Untersuchung wurde die Strecke „Línea Roja“ der urbanen Seilschwebebahnen in La Paz mit einer Streckenlänge von 2,35 km untersucht. Die alternative Verkehrsverbindung wäre auch mit Bussen oder einer Straßenbahn möglich gewesen, jedoch würde sich diese Verbindung zwischen La Paz und El Alto auf 12,4 km erstrecken. In der nachfolgenden Abbildung 4.3 wird deutlich, dass bei einer angenommenen Betriebsdauer von 30 Jahren eine Seilschwebebahn gegenüber Bussen und Straßenbahnen weniger als ein Viertel an Tonnen Kohlendioxidäquivalent produziert.

[Dop22]

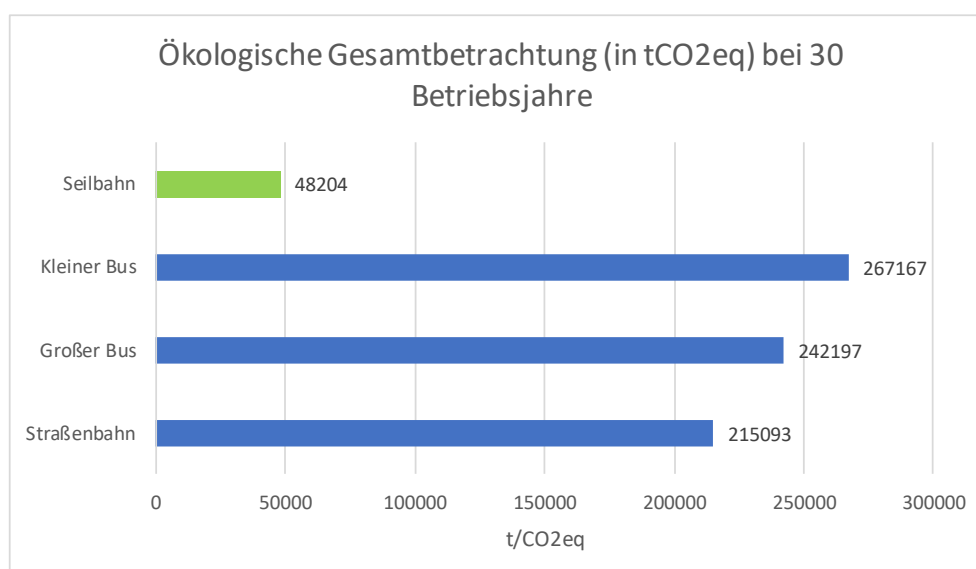


Abbildung 4.3: Ökologischen Gesamtbetrachtung (in tCO2eq) bei 30 Betriebsjahre, eigene Darstellung auf Basis [Dop22]

Im Rahmen dieser ökologischen Betrachtung wurde die Gesamtbilanz der produzierten Tonnen Kohlendioxidäquivalent auf die Phasen Herstellung, Infrastruktur, Distribution und Nutzung der einzelnen Verkehrsmittel aufgeschlüsselt. Wie in der Abbildung 4.3 ersichtlich ist, weist die Nutzung bzw. der Betrieb der Verkehrssysteme das höchste Potenzial zur Erwärmung der Atmosphäre auf.

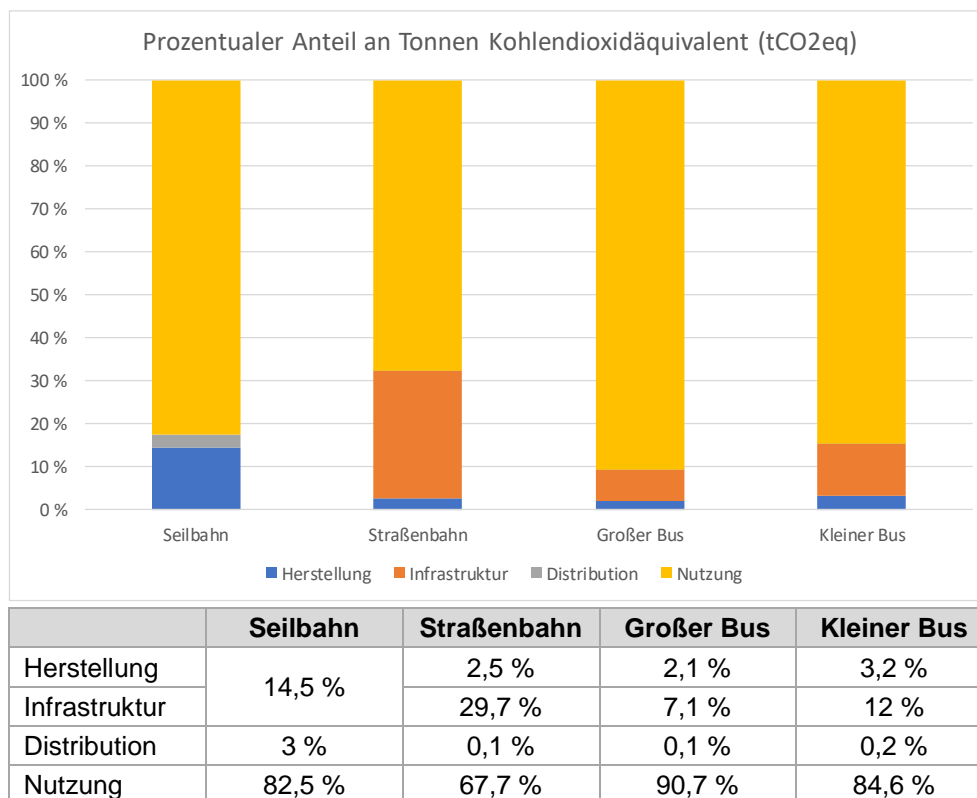


Abbildung 4.4: Prozentualer Anteil an Tonnen Kohlendioxidäquivalent (tCO₂eq), eigene Darstellung auf Basis [Dop22]

4.2.3 Umweltsensitive Einflussfaktoren während des Betriebs

Durch die präsenste Wirkung der Seilbahntrasse durch Stationen, Stützen, Seile und bewegte Kabinen entstehen Anforderungen und Herausforderungen die hinsichtlich des Umweltschutzes und zum Schutz der Menschen und Tiere besonders zu beachten sind.

Kabinen besitzen keinen eigenen Antrieb und verursachen deshalb **Geräusche** hauptsächlich an Stützen und Stationen. Da die Kabinen bei Umlaufbahnen in den Stationen ein- und ausgekuppelt werden, verursachen Umlaufbahnen dadurch mehr Geräusche als Pendelbahnen.

Tabelle 4.2: Immissionsrichtwerte der TA Lärm, außerhalb von Gebäuden

Gebietsnutzung	Immissionsrichtwerte in dB(A)	
	Tags (6 bis 22 Uhr)	nachts
a) Industriegebiete	70	70
b) Gewerbegebiete	65	50
c) Urbane Gebiete	63	45
d) Kerngebiete, Dorf- und Mischgebiete	60	45
e) Allgemeine Wohngebiete und Kleinsiedlungsgebiete	55	40
f) Reine Wohngebiete	50	35
g) Kurgebiete, Krankenhäuser und Pflegeanstalten	45	35

Auf der Strecke werden die wesentlichen Geräuschemissionen an den Stützen bzw. bei deren Kabinenüberfahrt erzeugt. Bei Einseilumlaufbahnen entstehen dabei systembedingt Lärmbelastungen bis ca. 40 dB(A), die deutlich unter den mittleren Geräuschen von Wohngebieten (50-55 dB(A)) liegen. Mehrseilbahnen verursachen bei der Stützenüberfahrt geringere bis keine Lärmemissionen.

Ähnlich wie im Bereich der Geräuschentwicklung können auch weitere Störwirkungen wie z.B. eine regelmäßige kurzzeitige **Verschattung** zu subjektiven Empfindungen führen. Da die periodischen Verschattungen, bedingt durch die vorbeifahrenden Kabinen, mit der Wirkung der Verschattung durch Windkraftanlage vergleichbar sind, können Kennzahlen der Windkraftanlagen herangezogen werden. Dabei ist eine maximal mögliche Einwirkdauer auf einen Immissionspunkt von 30 h/a und 30 min/d zulässig. Unter der maximal möglichen Einwirkdauer wird der theoretische Fall verstanden, dass die Sonne immer scheint, der Rotor immer in Bewegung ist und immer quer zur Sonne steht. Die maximal mögliche Einwirkdauer von 30 h/a entspricht einer tatsächlichen Beschattungsdauer von ungefähr 8 h/a.

Nimmt man an, dass eine Kabine eine Kapazität von 35 Personen besitzt und eine Förderkapazität von 3500 P/h erreicht werden soll, werden 100 Kabinen pro Stunde benötigt. Somit beträgt die Kabinenfolgezeit 36 s. Bei einer Geschwindigkeit von 6 m/s und einer Kabinenlänge von 4 m verursacht eine Kabine eine Verschattung von ca. 0,7 s. Bei 100 verwendeten Kabinen wird eine Verschattung von 70 s/h verursacht.

Der Schattenwurf einer fahrenden Kabine ist nicht zu vermeiden. Die Intensität und die Größe des Schattenwurfs können jedoch durch bauliche Anpassungen von Stützen und Kabinen verringert werden. Je höher die Stützen und somit die Seile sind, desto geringer fallen die Auswirkungen des Schattenwurfs aus. [BMDV22]

Neben den Störwirkungen durch periodische Verschattung können Seilbahnen auch **Spiegelungen** verursachen, von denen sich Anwohner gestört fühlen können oder Verkehrsteilnehmer abgelenkt werden. Vor allem die Fensterflächen einer Seilbahnkabine können Spiegelungen und Reflexionen erzeugen. Durch verschiedene Maßnahmen wie eine Entspiegelung der Fensterflächen oder einer Beschichtung können Reflexionen auf ein Minimum reduziert werden.

Aufgrund der exklusiven Fahrbahn in der Ebene +1 einer Seilschwebebahn muss die mögliche **Einsichtnahme** auf private Flächen beachtet werden. Grundsätzlich sollte die Trassenführung so weit möglich über öffentliche, landwirtschaftliche oder gewerblich genutzte Flächen verlaufen.

Um die Akzeptanz der Bevölkerung zu steigern und den Planungs- und Genehmigungsprozess nicht negativ zu beeinflussen sollte keine Inanspruchnahme von privaten Grundstücken mit Wohnwidmung erfolgen. [BMDV22]

Wird eine Seilschwebbahn in einen bestehenden Lebensraum von **Vögeln** gebaut, kann es dazu kommen, dass Vögel mit den Seilen kollidieren. Einige Vogelarten haben Schwierigkeiten die Seile zu erkennen, wodurch es erforderlich wird Markierungen an den Seilen und Stützen anzubringen.

4.2.4 Quantifizierung ökologischer Kennzahlen im Systemvergleich

Seilschwebbahnen sind nicht nur in Bezug auf Lärm emissionsärmer als andere Verkehrsmittel, sondern emittieren auch deutlich weniger Schadstoffe. In Tabelle 5.5 sind die Emissionen in Gramm pro Personenkilometer von Kohlenstoffmonoxid, Kohlenstoffdioxid, Kohlenwasserstoff und Stickoxiden für verschiedene Verkehrsmittel aufgelistet. Es ist zu erkennen, dass PKWs in jedem Bereich deutlich größere Mengen an Schadstoffen ausstoßen als Verkehrsmittel des öffentlichen Personennahverkehrs.

Tabelle 4.3 Vergleich von Schadstoffemissionen verschiedener Verkehrsmittel in g/Pkm, eigene Darstellung auf Basis [Mon10]

Schadstoff	PKW	Bus	Metro/Tram	Zug	Seilbahn
Kohlenstoffmonoxid	1,45	0,21	0,02	0,02	0,01
Kohlenstoffdioxid	144	75	72	52	44
Kohlenwasserstoff	0,18	0,08	0,005	0,01	0,003
Stickoxide	0,29	0,83	0,07	0,07	0,04

Der Vergleich macht deutlich, dass selbst bei hoher Förderleistung urbane Seilschwebbahnen einen geringen Schadstoffausstoß aufweisen. Diese Tatsache ist unter anderem auf die Funktionsweise nach dem Paternosterprinzip (Umlaufbahn) und auf den Einsatz von energieeffizienten Antrieben zurückzuführen.

Grundsätzlich ist bei allen elektrisch betriebenen Verkehrsmitteln anzustreben, dass die elektrische Energie nicht konventionell erzeugt wird, sondern durch den Einsatz erneuerbarer Energien. Durch die Modernisierung der Stromerzeugung konnte der Ausstoß an Kohlenstoffdioxid von 764 g/kWh im Jahr 1990 auf 474 g/kWh im Jahr 2018 reduziert werden. Daher ist es politischer Wille in Europa, erneuerbare Energiequellen nicht nur im Zuge der Energiewende, sondern auch in der Verkehrswende weiter auszubauen. [Fre20]

Im Vergleich zu üblichen öffentlichen Verkehrsmitteln (Busse und Bahnen) verfügen Seilschwebbahnen über eine zentrale Antriebseinheit mit zentraler Energieversorgung in einer der Stationen. Dadurch verbessert sich die Energiebilanz der Seilbahn gegenüber Verkehrsmitteln mit eigener Antriebseinheit im Fahrzeug. [Fre20]

Bei der Betrachtung des klimaschädlichen Treibhausgases Kohlenstoffdioxid zeigt die nachfolgende Abbildung, dass die Seilbahn im Vergleich mit anderen Verkehrssystemen eine deutlich geringere CO₂-Emission aufweist.

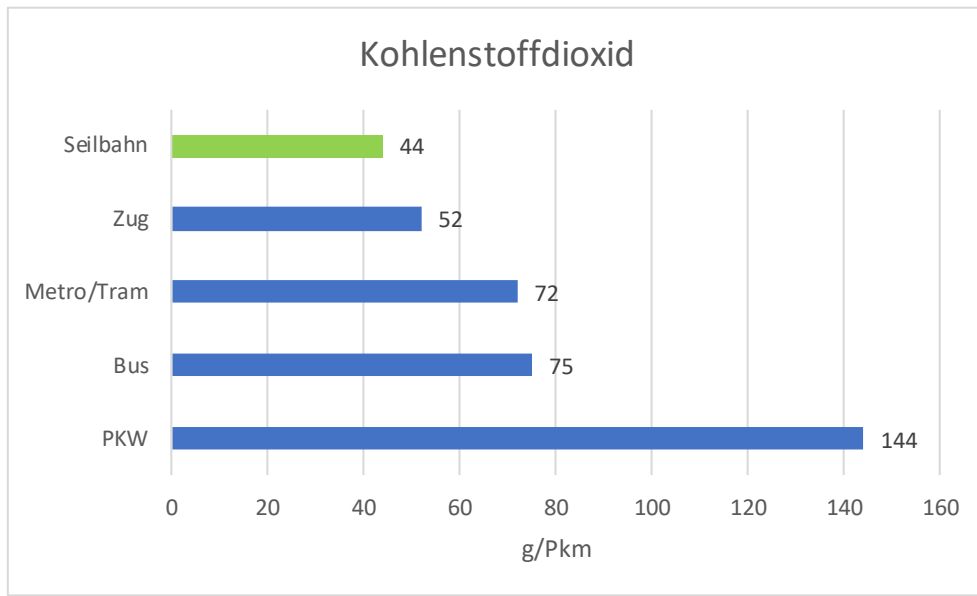


Abbildung 4.5: Vergleich der Kohlenstoffdioxid-Emissionen verschiedener Verkehrsmittel, eigene Darstellung auf Basis [Mon10]

Im Zuge der Planung der urbanen Seilschwebebahn in Bonn (EUB) wurden bei einer Anlagen-Auslastung von 20 % die Feinstaub- und Kohlenstoffdioxidemissionen in Gramm pro Personenkilometer gemäß Abbildung 5.6 berechnet. Der Vergleich der Feinstaubwerte macht dahingehen Sinn, da durch den Abrieb von Reifen und Bremsen eine nicht unerhebliche Menge an gesundheits- und umweltschädlichen Partikeln emittiert werden. Der Vergleich der Feinstaubemissionen zwischen einem Linienbus und der Seilbahn macht deutlich, dass der Betrieb der Seilbahn neben der hohen Energieeffizienz auch nur ein Achtel an Feinstaub emittiert.

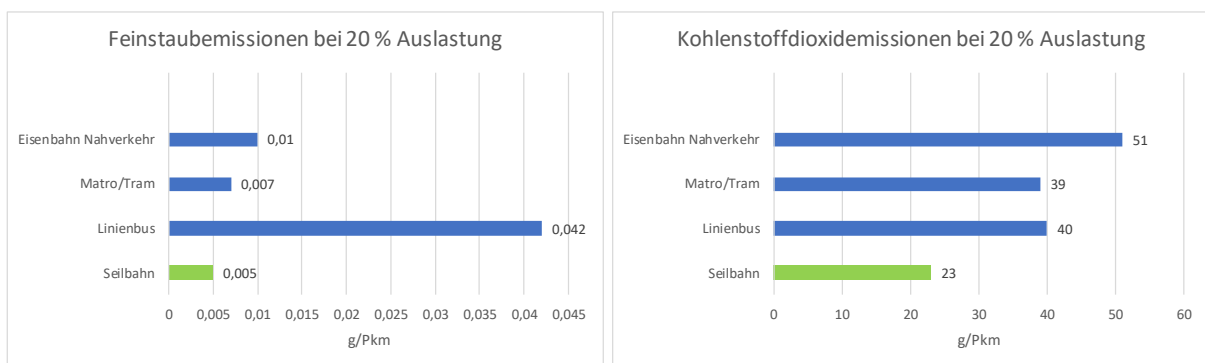


Abbildung 4.6: Feinstaub- und Kohlenstoffdioxidemissionen, eigene Darstellung auf Basis [Fre20]

Wie aus Abbildung 4.4 ersichtlich, wird im Betrieb der Verkehrsmittel der überwiegende Teil an umweltschädlichen Schadstoffen erzeugt. Diesen Sachverhalt unterstreichen auch die Forschungsergebnisse von [Erh18]. Darin wird aufgezeigt, dass bei einer Betriebsdauer einer von 35 Jahren 91,5 % des produzierten Kohlendioxid-Äquivalents (tCO₂eq) auf den Betrieb der Seilbahn zurückzuführen sind. Durch die eingesetzten Rohstoffe werden 5,4 % produziert und 3,1 %

entfallen auf sonstige Bestandteile des Produktlebenszyklus wie Produktion, Bau, Wartung, Recycling und Demontage.

Prozentualer Anteil an Tonnen Kohlendioxidäquivalent (tCO₂eq) bei einer Betriebsdauer von 35 Jahren

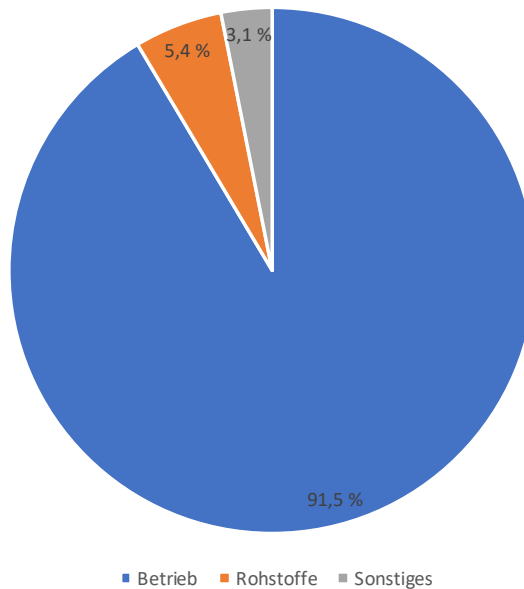


Abbildung 4.7: Prozentualer Anteil an Tonnen Kohlendioxidäquivalent (tCO₂eq), eigene Darstellung auf Basis [Erh18]

Als Praxisbeispiel einer energetisch unabhängigen und umweltbilanziell neutralen Seilbahn wird die Bergbahn von Frümsern nach Staubern in der Schweiz aufgeführt. Durch die großflächige Photovoltaikanlage und ein leistungsfähiges Speichermodul in der Talstation kann bei jedem Wetter die Seilschwebbahn energetisch unabhängig und umweltneutral betrieben werden. [Senn23]



Abbildung 4.8: Talstation mit großflächiger Photovoltaikanlage [Senn23]

5. Anforderungen an den ÖPNV

Der ÖPNV spielt eine entscheidende Rolle für die Mobilität der Menschen und die nachhaltige Gestaltung des Verkehrssystems. Er trägt zur Verbesserung der Lebensqualität in Städten und ländlichen Gebieten bei, indem er Menschen eine umweltfreundliche, effiziente und kostengünstige Alternative zum motorisierten Individualverkehr bietet. Um diese Ziele zu erreichen und den ÖPNV als attraktive Wahl für Pendler und Reisende zu etablieren, müssen grundlegende Anforderungen in Bezug auf Umweltschutz, Zugänglichkeit, Sicherheit und Effizienz erfüllt werden. Dabei ist es wichtig, stets die Bedürfnisse der Nutzer im Fokus zu behalten und innovative Lösungen und Technologien einzusetzen, um ein zukunftsorientiertes und nachhaltiges Verkehrssystem zu gestalten.

Zudem stellt der ÖPNV eine wichtige Säule der Daseinsvorsorge dar und ist entscheidend für die Lebensqualität sowie den sozialen und wirtschaftlichen Zusammenhalt von Städten und ländlichen Gebieten. Als Teil der öffentlichen Infrastruktur ermöglicht der ÖPNV den Zugang zu grundlegenden Einrichtungen und Dienstleistungen wie Bildung, Arbeit, Gesundheitsversorgung und Einkaufsmöglichkeiten.

Die Bereitstellung eines effizienten, nachhaltigen und zugänglichen ÖPNV-Systems trägt dazu bei, die Mobilität für alle Menschen unabhängig von Alter, Geschlecht, Behinderung oder sozialem Status zu gewährleisten. Damit erfüllt der ÖPNV eine wichtige soziale Funktion, indem er Benachteiligungen verringert und die gesellschaftliche Teilhabe fördert.

Indem der ÖPNV eine umweltfreundliche Alternative zum motorisierten Individualverkehr bietet, leistet er auch einen Beitrag zur Reduzierung von Emissionen, Verkehrsstaus und Lärm. Dies kommt nicht nur der Umwelt, sondern auch der Gesundheit der Bevölkerung zugute.

Die Daseinsvorsorge durch den ÖPNV erfordert eine enge Zusammenarbeit zwischen Politik, Verkehrsunternehmen, Planungsbehörden und der Zivilgesellschaft. Durch eine solide Finanzierung, innovative Technologien und eine stetige Verbesserung der Servicequalität kann der ÖPNV seine Rolle als unverzichtbarer Bestandteil der Daseinsvorsorge weiter ausbauen und die Mobilitätsbedürfnisse der Bevölkerung nachhaltig erfüllen.

5.1 Anforderungen aus Sicht der Nutzenden

Aus Nutzersicht sind verschiedene Aspekte von zentraler Bedeutung, um den ÖPNV attraktiv und effizient zu gestalten. Dazu gehört zunächst die Pünktlichkeit und Zuverlässigkeit der Verbindungen, da Nutzer darauf vertrauen müssen, dass Fahrpläne eingehalten werden und ihre Reise wie geplant verläuft. Die Frequenz und Verfügbarkeit von Verbindungen und Linien sind ebenfalls entscheidend, um den Bedarf an Mobilität zu decken und die Nutzung des ÖPNV auch abends und am Wochenende zu ermöglichen.

Um den Fahrgästen eine angenehme Reise zu ermöglichen, sollte auf Komfort und Sauberkeit in den Fahrzeugen und an den Haltestellen geachtet werden. Dabei sind ausreichend Sitzplätze, Klimatisierung und eine gute Beleuchtung wichtige Faktoren. Barrierefreiheit ist ein weiterer zentraler Aspekt, damit alle Menschen, unabhängig von ihren individuellen Bedürfnissen, den ÖPNV nutzen können. Dazu zählen barrierefreie Fahrzeuge und Infrastrukturen sowie entsprechende Informationsangebote.

Übersichtlichkeit und Information sind ebenfalls entscheidend, damit Nutzer sich schnell und einfach über Fahrpläne, Verbindungen, Tarife und mögliche Störungen informieren können. Dabei sind digitale Anzeigetafeln, Apps und gut lesbare Beschilderungen hilfreich. Um die Sicherheit der Fahrgäste zu gewährleisten, sollten sowohl in den Fahrzeugen als auch an den Haltestellen entsprechende Maßnahmen getroffen werden, wie ausreichende Beleuchtung, Notrufeinrichtungen, Videoüberwachung und gegebenenfalls Sicherheitspersonal.

Ein einfaches, transparentes und gerechtes Tarifsystem ist für Nutzer von großer Bedeutung, um den ÖPNV attraktiv zu gestalten. Dazu gehören bargeldlose Bezahlungsmöglichkeiten und flexible Ticketoptionen. Schließlich sind intermodale Verbindungen und Anschlussmöglichkeiten an andere Verkehrsmittel wie Bus, Bahn, Straßenbahn, Fahrrad und Fußverkehr essenziell, um den Umstieg zwischen verschiedenen Verkehrsträgern einfach und bequem zu gestalten. Hierzu zählen auch Park-and-Ride-Anlagen, Fahrradabstellplätze und Carsharing-Angebote.

5.2 Anforderungen aus Sicht des Betriebs

Aus Sicht des Betreibers gibt es mehrere Anforderungen an den ÖPNV, um ein effizientes und wirtschaftlich erfolgreiches Verkehrssystem zu gewährleisten. Einige dieser Anforderungen sind:

- Wirtschaftlichkeit:
Der Betreiber muss darauf achten, dass die Kosten für den Betrieb und die Instandhaltung des ÖPNV gedeckt werden können, entweder durch Fahrgeldeinnahmen, öffentliche Zuschüsse oder andere Finanzierungsquellen.
- Personalmanagement:
Der Betreiber muss qualifiziertes Personal für den Betrieb, die Wartung und die Verwaltung des ÖPNV einstellen, schulen und motivieren.
- Instandhaltung und Wartung:
Die Fahrzeuge und Infrastrukturen müssen regelmäßig gewartet und instand gehalten werden, um eine hohe Betriebssicherheit und Langlebigkeit zu gewährleisten.
- Technologie und Innovation:
Betreiber sollten offen für technologische Innovationen sein, um den ÖPNV effizienter, umweltfreundlicher und attraktiver für die Fahrgäste zu gestalten.
- Netzplanung und -optimierung:
Der Betreiber sollte das Verkehrsnetz kontinuierlich analysieren und optimieren, um Engpässe zu vermeiden, Kapazitäten zu erweitern und neue Verbindungen zu schaffen.
- Zusammenarbeit mit anderen Verkehrsträgern und -unternehmen:
Betreiber müssen mit anderen Verkehrsträgern und -unternehmen zusammenarbeiten, um eine integrierte Mobilitätskette und einen nahtlosen Übergang zwischen verschiedenen Verkehrsmitteln zu ermöglichen.
- Marketing und Kundenbindung:
Um den ÖPNV attraktiv zu gestalten und die Fahrgastzahlen zu erhöhen, müssen Betreiber Marketingmaßnahmen ergreifen und Kundenbindungsprogramme entwickeln.
- Qualitätsmanagement:

Betreiber sollten ein systematisches Qualitätsmanagement einführen, um die Servicequalität kontinuierlich zu überwachen und zu verbessern.

■ **Kommunikation und Information:**

Betreiber müssen sicherstellen, dass Fahrgäste und Mitarbeiter gut informiert sind, indem sie transparente und aktuelle Informationen bereitstellen.

■ **Sicherheit und Notfallmanagement:**

Betreiber sind verantwortlich für die Sicherheit der Fahrgäste und Mitarbeiter. Dazu gehört auch die Entwicklung und Umsetzung von Notfallplänen für den Fall von Unfällen oder anderen Vorfällen.

5.3 Verkehrliche Anforderungen

Der öffentliche Personennahverkehr (ÖPNV) ist ein wesentlicher Bestandteil der Verkehrsinfrastruktur und muss verschiedenen verkehrlichen Anforderungen gerecht werden, um ein effizientes, komfortables und sicheres Fortbewegungsmittel für die Bevölkerung zu gewährleisten. Einige wichtige Anforderungen sind:

■ **Anschlussicherheit:**

Die Verbindungen zwischen verschiedenen Verkehrsmitteln (z.B. Bus, Straßenbahn, U-Bahn und Zug) müssen gut aufeinander abgestimmt sein, um nahtlose Umstiege und kurze Wartezeiten für die Fahrgäste zu ermöglichen.

■ **Taktung und Fahrplanstabilität:**

Regelmäßige und verlässliche Fahrpläne sind für die Attraktivität des ÖPNV entscheidend. Insbesondere in Ballungsräumen sollte ein dichtes Taktangebot gewährleistet sein.

■ **Pünktlichkeit:**

Verspätungen sollten minimiert werden, um den Fahrgästen eine verlässliche Planung ihrer Reise zu ermöglichen.

■ **Kapazität:**

Das Verkehrsmittel sollte ausreichend Platz für alle Fahrgäste bieten, um Überfüllung und Unannehmlichkeiten zu vermeiden.

■ **Information und Kommunikation:**

Aktuelle Informationen über Fahrpläne, Verspätungen, Umleitungen und Störungen sollten den Fahrgästen leicht zugänglich gemacht werden, z.B. durch digitale Anzeigetafeln, Apps oder Lautsprecherdurchsagen.

■ **Sicherheit:**

Die Fahrzeuge, Haltestellen und Infrastruktur sollten hohen Sicherheitsstandards genügen, um Unfälle und Vorfälle zu vermeiden.

■ **Sauberkeit und Komfort:**

Die Fahrzeuge und Haltestellen sollten sauber und gepflegt sein und den Fahrgästen ein angenehmes Reiseerlebnis bieten.

5.4 Anforderungen an Umweltbelange

Im Bereich des Öffentlichen Personennahverkehrs sind verschiedene Umweltaspekte von großer Bedeutung. Einer der wichtigsten Aspekte ist die Reduzierung von Emissionen, insbesondere von CO₂. Dies kann durch den Einsatz umweltfreundlicher Fahrzeuge erreicht werden. Zudem spielt die Energieeffizienz eine wichtige Rolle, um den Energieverbrauch zu senken. Hierzu können beispielsweise regenerative Bremsenergie oder optimierte Fahrpläne genutzt werden.

Lärmreduktion ist ein weiterer zentraler Punkt, um die Umweltbelastung im Verkehr zu minimieren. Dies kann durch den Einsatz leiserer Fahrzeuge oder Lärmschutzmaßnahmen entlang der Strecken erreicht werden. Auch der verantwortungsvolle Umgang mit natürlichen Ressourcen ist entscheidend. Dies umfasst die Verwendung von langlebigen und recyclingfähigen Materialien sowie den Einsatz erneuerbarer Energien.

Die Minimierung des Flächenverbrauchs ist ein weiterer wichtiger Aspekt. Durch optimierte Streckenführungen, die Nutzung vorhandener Verkehrswege oder die Schaffung von multimodalen Verkehrsknotenpunkten kann der Flächenverbrauch reduziert werden. Gleichzeitig ist der Schutz von Biodiversität und Lebensräumen bei der Planung und dem Betrieb von ÖPNV-Anlagen essenziell. Dies kann durch die Vermeidung von Fragmentierung und Störungen in natürlichen Ökosystemen erreicht werden.

Barrierefreiheit ist ein zentraler Faktor, um Mobilität für alle Menschen unabhängig von Alter, Geschlecht, Behinderung oder sozialem Status zu gewährleisten. Barrierefreie Verkehrsmittel und Infrastrukturen fördern die Nutzung des ÖPNV und tragen zu einer nachhaltigen Mobilität bei. Schließlich ist die Förderung von intermodalen Verbindungen und die Zusammenarbeit zwischen verschiedenen Verkehrsträgern wichtig, um den Modal Split zugunsten umweltfreundlicher Verkehrsmittel zu verschieben. Dies umfasst beispielsweise gute Anbindungen zwischen Bus, Bahn, Straßenbahn, Fahrrad- und Fußverkehr.

6. Systemvergleich Seilbahn und klassischer ÖPNV - Grundlagen

Öffentlicher Personennahverkehr (ÖPNV) ist ein integraler Bestandteil moderner Städte und stellt die Mobilität der Bevölkerung in allen Lebenslagen sicher. Der klassische ÖPNV, bestehend aus Bussen, Bahnen, Straßenbahnen, Stadtbahnen und U-Bahnen, hat sich im Laufe der Zeit weiterentwickelt und angepasst, um den Bedürfnissen einer wachsenden und sich verändernden Bevölkerung gerecht zu werden. In diesem Kapitel werden wir einen Vergleich zwischen dem klassischen ÖPNV und urbanen Luftseilbahnen anstellen, um ihre jeweiligen Vor- und Nachteile sowie ihre Potenziale und Herausforderungen zu beleuchten. Dabei werden wir uns auf verschiedene Aspekte konzentrieren, die für die Bewertung von Verkehrssystemen von Bedeutung sind, wie Kosten, Umweltverträglichkeit, Mobilität, soziale Auswirkungen und städtebauliche Integration.

In einer zugrunde liegenden Literaturquelle wurde eine ganzheitliche Betrachtung verschiedener Verkehrsmittel hinsichtlich des Baus, des Betriebs, der Wirtschaftlichkeit und verschiedenen umweltbezogenen Kenngrößen angestellt. Die nachfolgend dargestellten Tabellenwerte zeigen die

Bewertung der verschiedenen Verkehrsmittel hinsichtlich der aufgeführten Kriterien und Eigenschaften. Dabei entspricht ein hoher Wert einer hohen Eignung.

Tabelle 6.1: Vergleich von Eigenschaften verschiedener innerstädtischer Verkehrsmittel, eigene Darstellung auf Basis [Mon10]

Verkehrsmittel / Bewertungskriterien	Bus (Diesel)	Spurbus elektrisch	Straßen- bahn	H-Bahn	U-Bahn	Seil- schwebe- bahn
Transportkapazität	1	1	2	3	6	2
Takt der Wagen / Kabinen	1	3	3	4	5	6
Investitionskosten / km	6	4	3	2	1	5
Betriebskosten / Fahrgast	3	1	2	3	4	6
Externe Kosten	1	2	3	6	6	6
Einfluss auf übrigen Ver- kehr	2	3	3	6	6	6
Einfluss auf Stadtbild	5	4	3	1	6	2
Lärmemission	2	3	2	1	5	5
Abgasemission	1	3	5	5	5	5
Energieverbrauch / km / P	1	2	3	4	5	6
Flächenversiegelung	4	2	5	5	5	6
Flexibilität der Streckenführung	5	4	3	3	2	1
Touristische Attraktivität	2	4	3	5	1	6
Steigungsfähigkeit	3	4	3	5	1	6
Platzbedarf (ebenerdig)	3	2	5	4	6	5
Zugänglichkeit / Umsteigekomfort	6	5	5	3	2	2
Gesamtpunktzahl	46	47	47	57	67	75

Der in dieser Literatur angestellte Vergleich der verschiedenen Verkehrssysteme weist ein hohes Potential der Seilschwebebahn im Vergleich zu anderen Verkehrsmitteln aus. Insbesondere in den Kriterien Taktfolge, Kosten, touristische Attraktivität und Steigungsfähigkeit ist die Seilschwebebahn nach dieser Bewertung anderen Verkehrssystemen weit überlegen.

Ziel der Analyse in vorliegender Forschungsarbeit ist es, ein umfassendes Verständnis der verschiedenen Verkehrssysteme zu vermitteln und ihre Rolle bei der Gestaltung zukunftsfähiger, nachhaltiger und inklusiver städtischer Mobilitätslösungen zu diskutieren. Dabei werden wir auch die Frage untersuchen, inwieweit urbane Luftseilbahnen eine Ergänzung oder einen Ersatz für klassische ÖPNV-Systeme darstellen können und welche Faktoren bei der Entscheidung für die Implementierung eines bestimmten Verkehrsmittels berücksichtigt werden sollten.

Mit dieser eingehenden Untersuchung und dem Vergleich der beiden Verkehrssysteme soll ein fundiertes Verständnis ihrer jeweiligen Stärken und Schwächen geschaffen werden, um Entscheidungsträger, Planer und Verkehrsexperten bei der Gestaltung effektiver, effizienter und nachhaltiger Mobilitätslösungen für städtische Gebiete zu unterstützen.

Die Trassenausbildung von Seilschwebebahnen unterscheidet sich dahingehend von klassischen ÖPNV-Systemen, dass eine Seilschwebebahn keine bodengebundene Fahrbahn (Straße oder Gleise) benötigt. Die Trasse wird durch mindestens zwei Stationsgebäude, den Stützen und einem oder mehreren Seilen gebildet. Die Anzahl und Art der benötigten Stützen über die Trassenlänge hängt ab von der Art des Seilbahnsystems, der Trassenlänge und topologischen Gegebenheiten. Diese drei Hauptkomponenten einer Seilschwebebahn und zusätzlich die Kabinen sind maßgebend dafür verantwortlich in wie fern sich das System Seilschwebebahn in die bestehende Umwelt integrieren kann.

Dadurch ergeben sich eine Reihe an Anforderungen und Herausforderungen, anhand dieser eine Seilschwebebahn sich von anderen Verkehrsmitteln im öffentlichen Personennahverkehr unterscheiden. Daher werden in den nachfolgenden Teilkapiteln diverse Kenngrößen vorgestellt, die es ermöglichen, die einzelnen Verkehrsmittel objektiv zu bewerten und zu vergleichen.

6.1 Mobilität und Zugänglichkeit

Die Mobilität und sozialen Auswirkungen von Verkehrssystemen sind entscheidend für das Wohlergehen und die Lebensqualität der Menschen in städtischen Gebieten. In diesem Abschnitt werden wir die Mobilität, Zugänglichkeit und sozialen Auswirkungen von klassischen ÖPNV-Systemen und urbanen Luftseilbahnen untersuchen und vergleichen.

6.1.1 Mobilität und Reisezeit

Klassische ÖPNV-Systeme bieten im Allgemeinen eine gute Mobilität für eine große Anzahl von Menschen und ermöglichen den Zugang zu verschiedenen Teilen der Stadt. Busse, Straßenbahnen und Züge sind in der Regel auf festen Routen unterwegs und bieten unterschiedliche Geschwindigkeiten und Kapazitäten, um den Bedürfnissen der Fahrgäste gerecht zu werden. Allerdings können Staus und Verkehrsüberlastung die Reisezeiten beeinträchtigen und zu Verspätungen führen.

Urbane Luftseilbahnen bieten eine Alternative, die nicht von Verkehrsstaus betroffen ist, da sie in der Luft verkehren. Sie können somit kürzere und zuverlässigere Reisezeiten bieten, insbesondere in Gebieten mit starkem Verkehrsaufkommen oder topografischen Herausforderungen. Luftseilbahnen haben jedoch in der Regel eine geringere Passagierkapazität als andere ÖPNV-Systeme und können daher bei hoher Nachfrage weniger effektiv sein.

6.1.2 Zugänglichkeit und Barrierefreiheit

Zugänglichkeit und Barrierefreiheit sind entscheidende Aspekte für die soziale Inklusion im städtischen Verkehr. Klassische ÖPNV-Systeme bemühen sich, barrierefreie Zugänge und Fahr-

zeuge für Menschen mit eingeschränkter Mobilität, wie Rollstuhlfahrer oder ältere Menschen, bereitzustellen. Dabei sind jedoch noch Verbesserungen erforderlich, insbesondere bei älteren Infrastrukturen.

Urbane Luftseilbahnen können in dieser Hinsicht Vorteile bieten, da ihre Kabinen in der Regel ebenerdig und rollstuhlgerecht gestaltet sind. Darüber hinaus können sie auch für Menschen mit eingeschränkter Mobilität einfacher zu nutzen sein, da sie weniger Wege zwischen den Stationen und innerhalb der Stationen erfordern. Allerdings hängt die Zugänglichkeit auch von der Gestaltung der Stationen und der Integration in das bestehende Verkehrsnetz ab.

6.1.3 Soziale Auswirkungen und Gerechtigkeit

Die sozialen Auswirkungen von Verkehrssystemen betreffen Aspekte wie Gerechtigkeit, soziale Inklusion und die Verteilung von Ressourcen. Klassische ÖPNV-Systeme können dazu beitragen, soziale Gerechtigkeit und Inklusion zu fördern, indem sie erschwingliche und zugängliche Verkehrsmittel für verschiedene Bevölkerungsgruppen bereitstellen. Allerdings können Ungleichheiten in der Verteilung von Verkehrsanbindungen und Infrastrukturen dazu führen, dass bestimmte Gebiete unterversorgt sind oder bestimmte Bevölkerungsgruppen benachteiligt werden.

Urbane Luftseilbahnen können in einigen Fällen dazu beitragen, soziale Ungleichheiten zu reduzieren und eine bessere Anbindung an entlegene oder benachteiligte Gebiete zu ermöglichen. Durch ihre Fähigkeit, topografische Barrieren zu überwinden und direkt in dicht besiedelten Gebieten zu verkehren, können sie den Zugang zu Arbeitsplätzen, Bildung und sozialen Dienstleistungen verbessern. Es ist jedoch wichtig, dass Luftseilbahnen in ein umfassendes Verkehrsnetz integriert werden und Tarifstrukturen entwickelt werden, die für verschiedene Bevölkerungsgruppen erschwinglich sind, um ihre sozialen Vorteile zu maximieren.

6.2 Umweltverträglichkeit

Die Umweltverträglichkeit von Verkehrssystemen ist in einer Zeit, in der der Klimawandel und die Nachhaltigkeit im Vordergrund stehen, von entscheidender Bedeutung. In diesem Abschnitt werden wir die Umweltverträglichkeit von klassischen ÖPNV-Systemen und urbanen Luftseilbahnen analysieren und vergleichen, indem wir uns auf Emissionen, Energieverbrauch, Flächenverbrauch und Lärmbelastigung konzentrieren. Basiert auf einem Bewertungsschema, das u.a. die nachfolgenden umweltsensitiven Kriterien berücksichtigt, wird es einer im Rahmen vorliegender Forschungsarbeit aufgebauten softwarebasierten Entscheidungshilfe „EhUS“ ermöglicht, den Einfluss der verschiedenen Systeme auf das Landschafts- und Städtebild sowie auf den Umwelt- und Naturschutz zu bewerten.

6.2.1 Energieverbrauch und Emissionen

Klassische ÖPNV-Systeme sind in den letzten Jahren umweltfreundlicher geworden, insbesondere durch die Einführung von Elektrobussen, Hybridfahrzeugen und emissionsarmen Zügen. Diese Fortschritte haben dazu beigetragen, die Treibhausgasemissionen und den Energieverbrauch zu reduzieren. Trotzdem bleibt der Energieverbrauch von ÖPNV-Systemen, insbesondere in dicht besiedelten Gebieten, ein zentrales Anliegen.

Urbane Luftseilbahnen weisen in der Regel einen geringeren Energieverbrauch und weniger Emissionen auf. Da sie elektrisch betrieben werden, sind ihre direkten Emissionen minimal. Indirekte Emissionen hängen jedoch von der Energiequelle ab, die für den Betrieb des Systems verwendet wird. Wenn erneuerbare Energien genutzt werden, können Luftseilbahnen nahezu emissionsfrei betrieben werden.

Tabelle 6.2: Kriterien Energieverbrauch und Emissionen

Umweltsensitives Kriterium	Erklärung/Beschreibung
Luftschadstoff	Auswirkungen der Emission von Feinstaub, Stickoxiden (NO _x), flüchtigen Kohlenwasserstoffen (VOC), Kohlenmonoxid (CO)
Treibhausgase	Auswirkungen der Emission von Treibhausgasen (CO ₂ , Methan, Lachgas)
Lärmemission im Betrieb	Auswirkungen der Emission von Lärm auf die Umgebung während des Betriebs.
Geruchsemission im Betrieb	(z.B. Dieselmotor, Verschleiß an Reifen und Bremsen)
Lichtemission im Betrieb	Auswirkungen der Emission von Geruch (Abgase, Bremsen, Abrieb)

6.2.2 Einwirkungen auf Mensch und Umfeld

Lärmbelästigung ist ein häufiges Problem in städtischen Gebieten und kann sowohl von klassischen ÖPNV-Systemen als auch von urbanen Luftseilbahnen ausgehen. Fahrzeuge wie Busse und Straßenbahnen können Lärm verursachen, der sich auf die Lebensqualität der Anwohner auswirkt. Bei U- und Stadtbahnen ist der Lärm aufgrund der unterirdischen oder abgeschirmten Lage meist weniger problematisch.

Luftseilbahnen sind im Vergleich zu klassischen ÖPNV-Systemen in der Regel leiser. Der Betrieb der Seilbahnen verursacht nur minimale Geräusche, da sie aufgrund ihrer hängenden Struktur und des elektrischen Antriebs weniger Reibung und Vibrationen erzeugen. Infolgedessen können sie in dicht besiedelten Gebieten eine geräuschärmere Mobilitätslösung bieten und somit die Lärmbelästigung für die Anwohner reduzieren.

Tabelle 6.3: Kriterien Einwirkungen auf Mensch und Umfeld

umweltsensitives Kriterium	Erklärung/Beschreibung
Erschütterung	Erschütterungen, die von Baumaschinen ausgehen
Bauverkehr	Verkehrsaufkommen ausgelöst durch Baustellenfahrzeuge
Baulärm	Zusätzlicher Lärm, ausgelöst durch die Baustelle
Zerschneidung städtebaulicher Strukturen	Auswirkung der trennenden Wirkung von Trassen in urbanen Räumen
Landschaftsbildzerschneidung	Objektive Auswirkung der Trasse auf das Landschaftsbild.
Technische Prägung	Positive oder negative Prägung des Stadtbildes durch Gestaltung (z. B. Architektur, Baustoffe ...) der einzelnen Systemelemente.
Beeinflussung von Quartieren	Positive oder negative Auswirkungen auf das Quartier. z.B. kulturelle Aufwertung, touristische/ freizeitorientierte Aufwertung, Erweiterung des ÖPNV Angebots

Kritische Bebauung/ Betroffenheit	Wer oder was ist in der direkten Umgebung des geplanten Verkehrssystems ansässig? Gibt es Einrichtungen, die empfindlich auf z.B. Lärm, Erschütterungen... reagieren können?
Einehbarkeit	Auswirkungen auf die Privatsphäre der Bevölkerung/Anwohner im Hinblick auf die Sichtmöglichkeit der Fahrgäste aus dem Fenster des Verkehrsmittels.

6.2.3 Flächenverbrauch

Der Flächenverbrauch ist ein weiterer wichtiger Faktor, der bei der Planung von Verkehrssystemen berücksichtigt werden muss. Klassische ÖPNV-Systeme benötigen in der Regel erheblichen Platz für Schienen, Straßen, Haltestellen und Betriebshöfe. Dies kann in dicht besiedelten Gebieten zu Flächenkonflikten und der Zerstörung von Grünflächen oder landwirtschaftlichem Land führen.

Im Gegensatz dazu erfordern urbane Luftseilbahnen aufgrund ihrer Stützenstruktur und der geringen Bodenberührung weniger Fläche. Sie verursachen weniger Flächenverbrauch und können über bestehende Straßen, Flüsse oder Gebäude führen, ohne dass zusätzlicher Platz benötigt wird. Dies ermöglicht eine effizientere Nutzung des städtischen Raums und reduziert die Umweltauswirkungen.

6.2.4 Naturschutz und Biodiversität

Die Umweltauswirkungen von Verkehrssystemen auf Naturschutz und Biodiversität sind ebenfalls von Bedeutung. Klassische ÖPNV-Systeme können bei der Errichtung und im Betrieb negative Auswirkungen auf die Umwelt haben, wie die Zerstörung von Lebensräumen, die Beeinträchtigung von Ökosystemen und die Fragmentierung von Grünflächen.

Urbane Luftseilbahnen können in dieser Hinsicht Vorteile bieten, da sie weniger invasiv sind und eine geringere Bodenberührung aufweisen. Ihre Stützen und Seile können so positioniert werden, dass sie nur minimale Auswirkungen auf die Umwelt haben und den Lebensraum für Flora und Fauna erhalten. Zudem können Seilbahnsysteme in einigen Fällen dazu beitragen, die Umweltbelastung durch den Verkehr zu reduzieren, indem sie den Bedarf an Straßenbau und die damit verbundenen Umweltauswirkungen verringern.

Insgesamt zeigen urbane Luftseilbahnen im Vergleich zu klassischen ÖPNV-Systemen Vorteile in Bezug auf Umweltverträglichkeit. Sie verursachen in der Regel weniger Emissionen, benötigen weniger Fläche und verursachen weniger Lärm. Zudem können sie einen positiven Einfluss auf Naturschutz und Biodiversität haben, indem sie weniger invasive Infrastrukturen bieten. Die Umweltauswirkungen beider Verkehrssysteme hängen jedoch stark von der Planung, Implementierung und dem Betrieb ab. Es ist daher wichtig, dass umweltverträgliche Praktiken und Technologien sowohl bei klassischen ÖPNV-Systemen als auch bei urbanen Luftseilbahnen angewendet werden, um ihre Umweltverträglichkeit weiter zu verbessern.

Tabelle 6.4: Kriterien Naturschutz und Biodiversität

Umweltsensitives Kriterium	Erklärung/Beschreibung
Gebietsschutz	Auswirkungen der Trasse auf den Gebietsschutz/ Flora und Fauna (Vogelschutz, Landschaftsschutz, Naturschutz, FFH-Gebiet, Natura2000)
Recyclingfähigkeit	Auswirkungen des Recyclings im Sinne der Entsorgung.

6.3 Soziale Auswirkungen

Die sozialen Auswirkungen von Verkehrssystemen sind ein wichtiger Aspekt bei der Bewertung ihrer Wirksamkeit und ihres Nutzens für die Gesellschaft. In diesem Kapitel werden wir die sozialen Auswirkungen von klassischen ÖPNV-Systemen und urbanen Luftseilbahnen in Bezug auf Zugänglichkeit, soziale Inklusion, Sicherheit und Gesundheit sowie Lebensqualität untersuchen. Die sozialen Auswirkungen von klassischen ÖPNV-Systemen und urbanen Luftseilbahnen hängen von einer Vielzahl von Faktoren ab, wie der Zugänglichkeit und Mobilität, der sozialen Inklusion, der Sicherheit und Gesundheit, der Lebensqualität und der städtischen Entwicklung sowie der Beteiligung der Bevölkerung und der Akzeptanz. Um das Potenzial beider Verkehrssysteme für positive soziale Auswirkungen zu maximieren, ist es wichtig, sie in umfassende Verkehrsnetze zu integrieren, ihre Barrierefreiheit und soziale Inklusion zu fördern, ihre Sicherheit und Umweltverträglichkeit zu gewährleisten, die Lebensqualität und das Wohlbefinden der Bewohner zu verbessern und die Beteiligung der Bevölkerung und die Akzeptanz sicherzustellen.

6.3.1 Zugänglichkeit und Mobilität

Ein zentrales Ziel von Verkehrssystemen besteht darin, eine angemessene Zugänglichkeit und Mobilität für alle Bevölkerungsgruppen sicherzustellen. Klassische ÖPNV-Systeme wie Busse, Straßenbahnen, Stadtbahnen und U-Bahnen sind in vielen Städten das Rückgrat des Verkehrs und bieten den Menschen Zugang zu Arbeitsplätzen, Bildungseinrichtungen, Gesundheitsdienstleistungen und Freizeitmöglichkeiten.

Urbane Luftseilbahnen können in bestimmten Szenarien eine wichtige Ergänzung zu klassischen ÖPNV-Systemen darstellen und die Zugänglichkeit und Mobilität für bestimmte Bevölkerungsgruppen verbessern. Insbesondere in Gebieten mit schwierigen Topografien oder Raumbedingungen können Luftseilbahnen eine schnellere und zuverlässigere Verbindung bieten und dazu beitragen, Verkehrsengpässe zu reduzieren.

6.3.2 Soziale Inklusion

Die soziale Inklusion ist ein wichtiger Aspekt bei der Bewertung der sozialen Auswirkungen von Verkehrssystemen. Klassische ÖPNV-Systeme können dazu beitragen, soziale Inklusion zu fördern, indem sie erschwingliche und zugängliche Verkehrsverbindungen für unterschiedliche Bevölkerungsgruppen bieten. Allerdings gibt es auch Herausforderungen, wie die Gewährleistung der Barrierefreiheit für Menschen mit eingeschränkter Mobilität oder die Vermeidung von Diskriminierung und Stigmatisierung bestimmter Bevölkerungsgruppen.

Urbane Luftseilbahnen haben das Potenzial, die soziale Inklusion zu verbessern, indem sie den Zugang zu entlegenen oder benachteiligten Gebieten erleichtern und schnelle Verbindungen über natürliche oder künstliche Barrieren ermöglichen. Um ihr Potenzial für soziale Inklusion voll auszuschöpfen, ist es jedoch wichtig, dass sie in ein umfassendes Verkehrsnetz integriert werden und Tarifstrukturen entwickelt werden, die für verschiedene Bevölkerungsgruppen erschwinglich sind.

6.3.3 Sicherheit und Gesundheit

Sicherheit und Gesundheit sind wichtige Aspekte bei der Bewertung der sozialen Auswirkungen von Verkehrssystemen. Klassische ÖPNV-Systeme haben in der Regel strenge Sicherheitsstandards und werden regelmäßig gewartet und überprüft. Allerdings können Unfälle und Vorfälle, insbesondere in überfüllten oder schlecht gewarteten Fahrzeugen, zu Sicherheitsrisiken für Fahrgäste und Mitarbeiter führen. Zudem können Luftverschmutzung und Lärm, die durch den Betrieb von Fahrzeugen verursacht werden, gesundheitliche Probleme für die Bevölkerung und insbesondere für Anwohner entlang der Verkehrsrouten verursachen.

Urbane Luftseilbahnen haben im Allgemeinen einen sehr guten Sicherheitsstandard, da sie weniger bewegliche Teile und weniger Verschleißteile haben. Sie sind auch weniger anfällig für Unfälle und Zusammenstöße, da sie vom Straßenverkehr getrennt sind. Da Luftseilbahnen elektrisch betrieben werden, tragen sie zur Verringerung von Luftverschmutzung und Lärm bei, was zu einer besseren Luftqualität und gesünderen Lebensbedingungen für die Bevölkerung führt.

6.3.4 Lebensqualität und städtische Entwicklung

Die Lebensqualität und die städtische Entwicklung sind wichtige Faktoren bei der Bewertung der sozialen Auswirkungen von Verkehrssystemen. Klassische ÖPNV-Systeme spielen eine zentrale Rolle bei der Gestaltung des städtischen Raums und der Lebensqualität. Sie können dazu beitragen, Staus zu reduzieren, die Luftqualität zu verbessern und den Zugang zu Grünflächen und Freizeitmöglichkeiten zu erleichtern. Gleichzeitig können sie auch negative Auswirkungen haben, wie die Trennung von Stadtteilen durch Schieneninfrastrukturen oder die Beeinträchtigung von Wohngebieten durch Lärm und Emissionen.

Urbane Luftseilbahnen können in bestimmten Kontexten zur Verbesserung der Lebensqualität und der städtischen Entwicklung beitragen, indem sie innovative und nachhaltige Verkehrslösungen bieten. Sie können helfen, natürliche und künstliche Barrieren zu überwinden, den öffentlichen Raum effizienter zu nutzen und den Zugang zu Grünflächen und Freizeitmöglichkeiten zu verbessern. Die Integration von Luftseilbahnen in den städtischen Raum kann auch dazu beitragen, städtische Landschaften und Sichtachsen aufzuwerten und die Attraktivität von Stadtteilen zu erhöhen.

6.3.5 Beteiligung der Bevölkerung und Akzeptanz

Die Beteiligung der Bevölkerung und die Akzeptanz von Verkehrssystemen sind ebenfalls wichtige Aspekte der sozialen Auswirkungen. Die Einführung neuer Verkehrssysteme oder die Erweiterung bestehender Systeme erfordert häufig eine enge Zusammenarbeit mit der Bevölkerung, um ihre Bedürfnisse und Anliegen zu verstehen und Lösungen zu entwickeln, die auf ihre Bedürfnisse zugeschnitten sind.

Klassische ÖPNV-Systeme sind in vielen Städten und Gemeinden fest etabliert, und die Bevölkerung ist im Allgemeinen mit ihrer Funktionsweise und ihren Vorteilen vertraut. Allerdings können auch Herausforderungen bestehen, wie beispielsweise Widerstände gegenüber neuen Infrastrukturprojekten oder Veränderungen im bestehenden Verkehrsnetz.

Urbane Luftseilbahnen sind in vielen Städten ein neueres Verkehrsmittel und können aufgrund ihrer ungewöhnlichen Erscheinung und Funktionsweise zunächst auf Skepsis oder Ablehnung stoßen. Um ihre Akzeptanz und Nutzung zu fördern, ist es wichtig, transparente und umfassende Informationen über ihre Vorteile und Funktionsweise bereitzustellen, die Bevölkerung in den Planungs- und Entscheidungsprozess einzubeziehen und mögliche Ängste und Bedenken zu adressieren.

6.4 Wirtschaftliche Aspekte und Kosteneffizienz

Die wirtschaftlichen Aspekte und Kosteneffizienz von Verkehrssystemen sind entscheidende Faktoren bei der Planung und Implementierung von Infrastrukturprojekten. Insgesamt zeigen urbane Luftseilbahnen im Vergleich zu klassischen ÖPNV-Systemen in vielen Fällen Vorteile hinsichtlich der Investitions-, Betriebs- und Wartungskosten sowie der wirtschaftlichen Rentabilität und Kosteneffizienz. Ihre Fähigkeit, in Gebieten mit schwierigen Topografien oder Raumbedingungen zu operieren, und ihre geringeren Umweltauswirkungen können ihre Wirtschaftlichkeit weiter erhöhen. Allerdings hängt die Rentabilität und Kosteneffizienz von Luftseilbahnen stark von der Nachfrage, der Integration in das bestehende Verkehrsnetz und der Akzeptanz der Nutzer ab. Um das Potenzial von Luftseilbahnen als wirtschaftlich effizientes Verkehrsmittel zu maximieren, ist es wichtig, sie in ein umfassendes Verkehrsnetz zu integrieren, innovative Finanzierungsmodelle zu entwickeln und ihre Vorteile klar zu kommunizieren.

6.4.1 Investitionskosten

Klassische ÖPNV-Systeme wie Busse, Straßenbahnen, Stadtbahnen und U-Bahnen erfordern in der Regel erhebliche Investitionen in Infrastruktur, Fahrzeuge und Technologie. Die Kosten variieren je nach System, Umfang des Projekts und lokalen Gegebenheiten. Busse haben in der Regel die niedrigsten Investitionskosten, während Schienenverkehrssysteme wie Straßenbahnen, Stadtbahnen und U-Bahnen deutlich höhere Kosten verursachen, da sie den Bau von Schienen, Stationen und teils aufwändigen Ingenieurbauwerken erfordern.

Urbane Luftseilbahnen hingegen haben im Allgemeinen niedrigere Investitionskosten als Schienenverkehrssysteme, da sie weniger aufwändige Infrastrukturen benötigen. Die Kosten für Luft-

seilbahnen variieren je nach Systemtyp, Spannweiten und Stationen, sind aber in der Regel günstiger als der Bau von Schienenverkehrssystemen, insbesondere in Gebieten mit schwierigen Topografien oder Raumbedingungen.

6.4.2 Betriebs- und Wartungskosten

Die Betriebs- und Wartungskosten von klassischen ÖPNV-Systemen hängen von verschiedenen Faktoren ab, wie der Anzahl der Fahrzeuge, der Länge der Strecken, der Frequenz der Fahrten und den Energiekosten. Schienenverkehrssysteme, insbesondere U-Bahnen, weisen tendenziell höhere Betriebs- und Wartungskosten auf, während Busse in der Regel niedrigere Kosten haben.

Urbane Luftseilbahnen haben im Vergleich zu klassischen ÖPNV-Systemen in der Regel geringere Betriebs- und Wartungskosten, da sie weniger bewegliche Teile und Verschleißteile haben. Die Energiekosten für den Betrieb von Luftseilbahnen sind ebenfalls niedriger, da sie elektrisch betrieben werden und eine höhere Energieeffizienz aufweisen. Die Wartung von Luftseilbahnen erfordert jedoch speziell ausgebildetes Personal und kann in einigen Fällen teurer sein als die Wartung von konventionellen Verkehrssystemen.

6.4.3 Wirtschaftliche Rentabilität und Kosteneffizienz

Die wirtschaftliche Rentabilität und Kosteneffizienz von Verkehrssystemen hängen von einer Vielzahl von Faktoren ab, einschließlich der Investitions-, Betriebs- und Wartungskosten, der Anzahl der Fahrgäste, der Einnahmen aus Fahrpreisen und der externen Effekte, wie der Verbesserung der Luftqualität oder der Verringerung von Staus. Klassische ÖPNV-Systeme können je nach den lokalen Gegebenheiten und der Nachfrage unterschiedliche Rentabilitäts- und Kosteneffizienzniveaus aufweisen. In vielen Fällen sind diese Systeme auf staatliche Subventionen angewiesen, um kostendeckend zu arbeiten.

Urbane Luftseilbahnen können in bestimmten Szenarien eine höhere Wirtschaftlichkeit und Kosteneffizienz aufweisen, insbesondere in Gebieten mit schwierigen Topografien oder hohen Infrastrukturkosten. Ihre niedrigeren Investitions-, Betriebs- und Wartungskosten sowie die potenziellen Vorteile in Bezug auf Umweltverträglichkeit, Mobilität und soziale Auswirkungen können dazu beitragen, ihre wirtschaftliche Rentabilität zu erhöhen. Allerdings hängt die Rentabilität von Luftseilbahnen stark von der Nachfrage, der Integration in das bestehende Verkehrsnetz und der Akzeptanz der Nutzer ab.

6.4.4 Finanzierung und öffentlich-private Partnerschaften

Die Finanzierung von Verkehrssystemen ist ein wichtiger Aspekt bei der Planung und Umsetzung von Infrastrukturprojekten. Klassische ÖPNV-Systeme werden in der Regel durch staatliche Investitionen, Darlehen, öffentliche Subventionen oder öffentlich-private Partnerschaften finanziert. In einigen Fällen können auch Nutzergebühren, wie Fahrpreise oder Parkgebühren, dazu beitragen, die Kosten zu decken.

Urbane Luftseilbahnen bieten aufgrund ihrer geringeren Investitionskosten und der Möglichkeit für modulare und skalierbare Systeme neue Finanzierungsmöglichkeiten und Modelle, wie öffentlich-private Partnerschaften oder innovative Finanzierungsmechanismen. In einigen Fällen wurden Luftseilbahnen als Teil größerer Entwicklungsprojekte oder in Kombination mit Immobilienentwicklungen finanziert, was zu Synergieeffekten und zusätzlichen Einnahmequellen führen kann.

7. Systemvergleich Seilbahn und klassischer ÖPNV - Anwendungstool

7.1 Anwendungstool EhUS

Im Rahmen der Forschungsarbeit wurde für Planer und Entscheidungsträger von öffentlichen Verkehrsmitteln eine **Entscheidungshilfe Urbane Seilbahn (EhUS)** als Hilfswerkzeug (Tool) für die ersten Vorüberlegungen für ein öffentliches Verkehrsmittel entworfen. Dabei werden die klassischen Verkehrsmittel (Bus, Stadt- und Straßenbahn etc.) in gleichem Maße betrachtet wie die Umsetzung mit einer Seilschwebebahn. Durch unter anderem die Eingabe des Trassenverlaufs, der Anforderungen hinsichtlich Kapazität, der Kenngrößen wie Bodenversiegelung, Schadstoffausstoß und der baulichen Anforderungen werden die Verkehrsmittel gegenübergestellt und eine Rangfolge der favorisierten Verkehrssysteme erstellt. Daher bietet sich das Tool vor allem im frühen Planungsstadium an. Es soll den Anwendern bereits in der ersten Grobplanung eine schnelle und unproblematische Abschätzung geben, ob eine Seilschwebebahn eine mögliche Lösung für die Stadt- und Verkehrsprobleme sein kann.

Eine Detailplanung des vollständigen Infrastrukturvorhabens unter Berücksichtigung der Eigenschaften aller möglichen Verkehrssysteme des ÖPNV ist nicht Ziel des Hilfswerkzeugs. Auch der Einsatz ganzer Seilbahnnetze wird nicht betrachtet. Dies würde deutlich weitreichendere und differenziertere Eingangsparameter erfordern. Diese detaillierten Informationen liegen oftmals zu einem frühen Stadium gar nicht vor bzw. es besteht oftmals der Wunsch von Städten und Kommunen nur eine erste Abschätzung anzustellen, ob eine Seilbahn eine diskussionswürdige Alternative der konventionellen öffentlichen Verkehrsmittel wäre.

Die nachfolgende Abbildung zeigt den grundsätzlichen Aufbau von *EhUS*. Detaillierte Angaben und Darstellungen dazu finden sich im Anhang. Der Nutzer wird schrittweise durch das softwarebasierte Tool geführt. Über eine grafische Oberfläche erfolgt zu Beginn die Auswahl der zu vergleichenden Verkehrsmittel. Auf den darauffolgenden Programmebenen kann der Nutzer Eingaben zu Trassenverlauf, Beförderungsleistung, Fahrzeit, Umweltkriterien, Kosten, Bodenversiegelung etc. machen. Die Bewertungsmethodik des Tools arbeitet mit einer integrierten Datenbank, die diese Eingaben verknüpft um auf diesem Weg die Verkehrsmittel untereinander vergleichbar zu machen. Neben den Eingaben des Nutzers erfolgt der Systemvergleich auch anhand von zahlreichen Kriterien aus der Fachliteratur und Fachgremien wie z. B. FGSV, VDV, RIN, DIN. Sind alle Eingaben erfolgt, kann der Nutzer Schwerpunkte für die Bewertung des Ergebnisses festlegen. Je nach Projektausrichtung oder spezifischen Anforderungen kann beispielsweise das Kriterium der minimalen Bodenversiegelung stärker gewichtet werden als die zeitliche Verfügbarkeit des zukünftigen Verkehrsmittels. Abschließend erhält der Nutzer eine Empfehlung, welches Verkehrsmittel die Anforderungen bestmöglich erfüllen könnte. Änderungen der Eingaben oder der Gewichtung sind jederzeit während der Bearbeitung möglich. Das Tool ist dynamisch aufgebaut und übernimmt direkt die Änderungen für die Bewertungsmethodik.

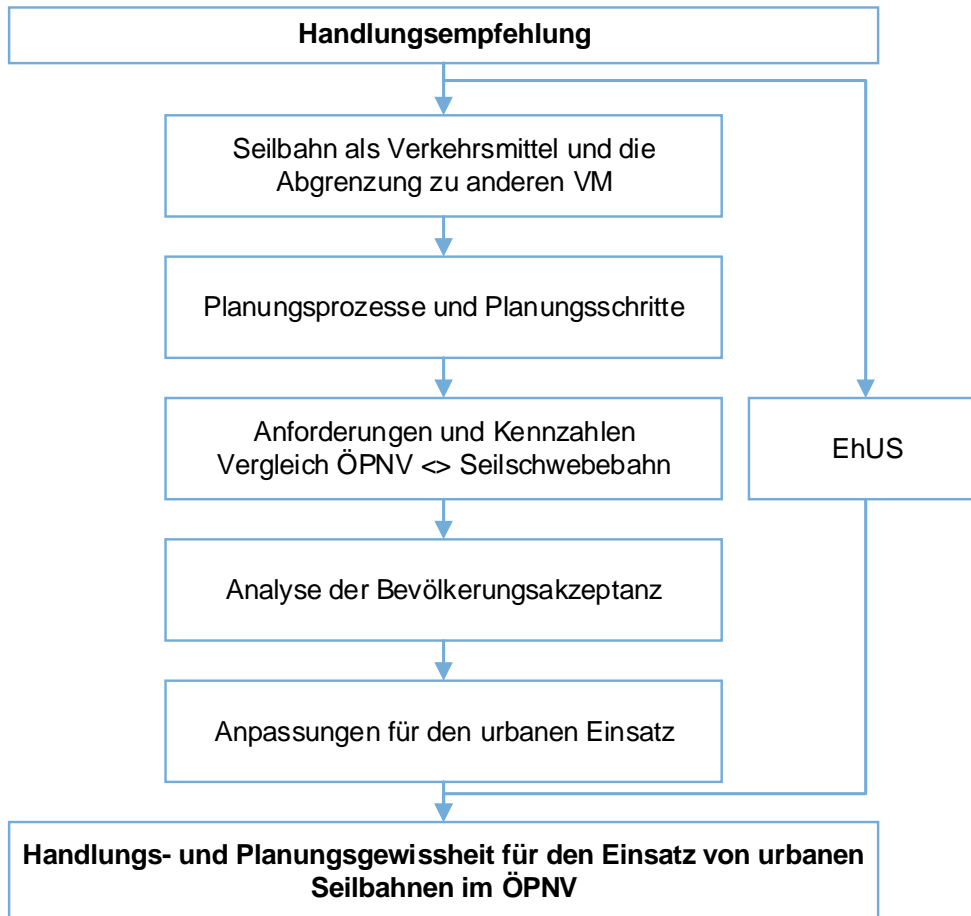


Abbildung 7.1: Aufbau der Handlungsempfehlung

7.2 Kriterienkatalog in EhUS

Die softwarebasierte Entscheidungshilfe *EhUS* ermittelt aus einer Vielzahl von Kenngrößen, aus unterschiedlichsten Bereichen, den Betrag der Eignung von öffentlichen Verkehrsmitteln bezogen auf die geplante Streckenverbindung. Auf Basis einer Vielzahl von qualitativen und quantitativen Kriterien kann dadurch ein objektiver Vergleich zwischen den klassischen Nahverkehrsmitteln und der Seilschwebebahn in Form einer multimodalen Betrachtungsweise durchgeführt werden.

Für die strategische Entwicklung der Verkehrsnetze basierend auf Zielen der raumordnerischen und landesplanerischen Vorgaben spielen insbesondere die „**Richtlinien für integrierte Netzgestaltung**“, kurz **RIN**, eine wichtige Rolle. Ziele und Aufgabe der RIN ist die funktionale Gliederung der Verkehrsnetze und darauf aufbauend eine Bewertung der **verbindungsbezogenen Angebotsqualität**. Für die Bewertung der Angebotsqualität werden in der RIN folgende Kriterien formuliert:

- **Zeitaufwand**
- **Direktheit**
- **Sicherheit**
- **Kosten**

- Zuverlässigkeit
- Komfort

Die RIN zieht für eine Bewertung der Angebotsqualität jedoch nur die Kriterien Zeitaufwand und Direktheit heran. Es wird jedoch darauf hingewiesen, dass eine Miteinbeziehung aller Kriterien wünschenswert wäre. Für die quantitative Beschreibung und Bewertung des **Zeitaufwands** werden die Kenngrößen Luftliniengeschwindigkeit und Reisezeitverhältnis herangezogen. Das Kriterium **Direktheit** kann über die Kenngrößen Umwegfaktor und Umsteigehäufigkeiten bewertet werden.

Anhand dieser Kriterien bzw. Kenngrößen sieht die RIN eine Einstufung der Angebotsqualität vor. Dafür beschreibt die RIN die „Stufen der Angebotsqualität (SAQ)“, die von SAQ „A“ (sehr gute Qualität) bis SAQ „F“ (unzureichende Qualität) reicht.

Ein weiteres Regelwerk für den ÖPNV stellen die „**Empfehlungen für Planung und Betrieb des öffentlichen Personennahverkehrs**“ dar. Das formulierte Ziel ist die Planung des ÖPNVs nach einheitlichen Grundsätzen unter Beachtung der strukturellen Unterschiede. In den Empfehlungen werden allgemeine Kriterien für den ÖPNV formuliert, die sich nach den unterschiedlichen Anforderungen der Nutzer an das ÖPNV-Angebot orientiert. Unterschieden wird dabei nach Kriterien mit Raumbezug und qualitätsbezogenen Kriterien, die in der nachfolgenden Tabelle 7.1 dargestellt sind.

Tabelle 7.1: Kriterien für den ÖPNV nach den Empfehlungen für Planung und Betrieb des ÖPNV [FGSV01]

Kriterien mit Raumbezug	Qualitätsbezogene Kriterien
Anbindung	Reisezeitverhältnis ÖPNV / MIV
Haltestelleneinzugsbereich	Beförderungsgeschwindigkeit
Erreichbarkeit	Beförderungsqualität in den Fahrzeugen
Fahrtenangebot zwischen Gemeinden	Anschlusssicherheit
Taktfolge innerhalb von Gemeinden	Pünktlichkeit

Auf Basis der bereits vorgestellten Qualitätskriterien der Veröffentlichungen der RIN und des FGSV Verlags sowie der Qualitätsrichtlinien der DIN EN 13816 [DIN22] wurde im Rahmen dieses Forschungsprojekts ein Kriterienkatalog erstellt. Anhand dieser Kriterien kann eine ganzheitliche Bewertung der Qualität der Verkehrsmittel des Personennahverkehrs erfolgen. Die nachfolgende Tabelle 7.2 verdeutlicht diesen Kriterienkatalog, der eine detaillierte Zusammenfassung der Qualitätskriterien, die aus Kundensicht an eine Dienstleistung des ÖPNV gestellt wird, zusammenfasst.

Die Zielerfordernungen bei der Erstellung dieses Katalogs war die Abdeckung möglichst vieler Kundenbedürfnisse, wie beispielsweise Pendler, Personen mit erhöhtem Platzbedarf (z. B. Kinderwagen, Hunde) und mobilitätseingeschränkte Personen.

Dieser Kriterienkatalog ist im Zuge dieses Forschungsprojektes in die softwarebasierte Entscheidungshilfe *EhUS* implementiert worden. Damit soll angestrebt werden, dass die Empfehlungen

und Bewertungen objektiv sind und diese durch rückführbare Datenquellen verifiziert werden können.

Tabelle 7.2: Kriterienkatalog zur Bewertung verschiedener Verkehrsmittel

Bewertungskriterium		Kenngröße
Verfügbarkeit	Räumliche Verfügbarkeit	Anbindung von Ortsteilen
		Erschließung v. Flächen
		Erreichbarkeit
		Haltestelleneinzugsbereich
		Anzahl der Haltestellen
		Streckenlänge
		Gemeindeklasse
	Zeitliche Verfügbarkeit	Verfügbarkeit
		Verkehrsmitteltyp
		Betriebszeit pro Jahr
		Planbare Ausfallzeit pro Tag (tägl. Wartung)
		Planbare Ausfallzeiten pro Jahr (Jährliche Wartung/Prüfung)
	Nicht planbare Ausfallzeiten (techn. Störungen, Unfälle, Wind, Gewitter)	
	Flexibilität	Flexibilität
	Beförderungsleistung	Beförderungsleistung <ul style="list-style-type: none"> ▪ Hauptverkehrszeit ▪ Normalverkehrszeit ▪ Einwohnerzahl ▪ Modal Split ▪ Anzahl Fahrten pro Tag
		Auslastung nach VDV
		Auslastung nach Herstellerangaben
		Takt <ul style="list-style-type: none"> ▪ Hauptverkehrszeit ▪ Normalverkehrszeit
		Gefäßgröße <ul style="list-style-type: none"> ▪ Nach VDV-Vorgaben ▪ Herstellerseitig
Verkehrsmitteltyp		
Geschwindigkeit		

Bewertungskriterium		Kenngroße
Zugänglichkeit	Barrierefreiheit	Türbreite
		Einstieg (Stufenlos, etc.)
	Interne Schnittstellen	Ein- /Ausgänge
		Bewegung innerhalb des Systems
		Umsteigen in andere Verkehrssysteme
	Externe Schnittstellen	Zu Fußgängern, Radfahrern etc.
	Ticketing / Fahrausweise	Kauf innerhalb des Systems
		Kauf außerhalb des Systems
		Fahrausweiskontrolle
		Reisezeit
	Beförderungszeit	
	Luftliniengeschwindigkeit	
Pünktlichkeit	Systembedingte Abhängigkeit von MIV	
Regelmäßigkeit	Takt	
Zeit	Zeit	Fahrtzeit
Komfort	Beförderungsqualität	Platzangebot / Sitzplatzverfügbarkeit
		Fahrkomfort (Lärm)
		Fahrkomfort (Erschütterung)
Umwelt	Umwelteinflüsse	Bodenversiegelung
		Lärm / Schall
		Feinstaub
		Zerschneidung
Kosten	Investitionskosten	Stationsgebäude
		Seile
		Kabinen
	Betriebskosten	Wartungskosten
		Personalkosten
		Energiekosten
Rückbau	Kosten	
Lebenszyklus	Lebenszyklus	Bauzeit
		Rückbauzeit

7.3 Anwendung der softwarebasierten Entscheidungshilfe *EhUS*

Die Anwendung von *EhUS* kann vor den konkreten Planungsprozessen angesiedelt sein. Sie bietet eine erste und überschlägige Bewertung der ausgewählten Verkehrsmittel auf Basis der vorgenannten Bewertungskriterien. Die nachfolgende Abbildung zeigt das grundsätzliche Vorgehen bei der Nutzung der Software *EhUS*.

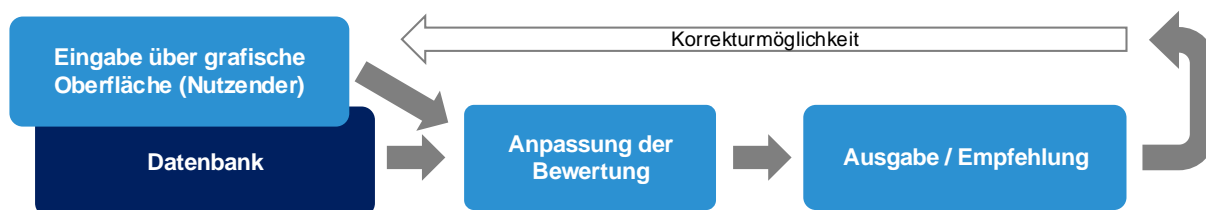


Abbildung 7.2: Anwendung der Entscheidungshilfe *EhUS*

Die Bewertungskriterien und Unterkriterien bilden die Hauptstruktur der grafischen Oberfläche. Zu jedem Kriterium stehen dem Anwender eine oder mehrere Eingabemasken oder Eingabefelder zur Verfügung. Für eine komfortable Anwendung wurde darauf geachtet, dass bei einer Vielzahl von Eingaben bereits praxisnahe Standardwerte vorbelegt wurden. Eine Darstellung der Eingabemasken und Ergebnistabellen findet sich im Anhang.

Mit der Dateneingabe in *EhUS* erhält der Anwender mit wenigen Arbeitsschritten eine erste Bewertung der Verkehrsmittel für den geplanten Streckenverlauf. Für diese erste Abschätzung bzw. Bewertung sind folgende Eingaben erforderlich:

- Verkehrssystem
- Streckenübersicht
- Beförderungsleistung
- Reisezeit

Nachdem die notwendigen Eingaben erfolgt sind, kann der Nutzende durch die Anpassung der Gewichtungsfaktoren spezifische Schwerpunkte für die abschließende Empfehlung festlegen. Die softwarebasierte Entscheidungshilfe liegt dabei als dynamische Struktur vor. Dadurch können in jeder Phase der Bearbeitung Korrekturen eingepflegt werden, um eine aktualisierte Bewertung zu erhalten. Mit zunehmenden Detaillierungsgrad der Eingaben können auch die Ergebnisse und Abgrenzungen differenzierter erfolgen.

Beispielhaft bietet das Kriterium „Umwelteinflüsse“ dem Anwender die Möglichkeit, qualitative und quantitative Umweltkenngößen einzubeziehen. Qualitative Kenngößen, die nicht direkt zahlenmäßig gegenübergestellt werden können, werden durch vereinheitlichte Bewertungsprozesse abgebildet. Die Gegenüberstellung verschiedener Verkehrssysteme anhand von quantitativen Kenngößen kann bei ausreichender Datengrundlage direkt erfolgen.

Quantitative Kenngößen sind hierbei die Flächeninanspruchnahme mit der einhergehenden Bodenversiegelung oder die Berechnung des CO₂-Äquivalents. Da bereits zu Beginn die Verkehrssysteme und der geplante Streckenverlauf angegeben worden sind, werden durch diese Eingaben und der integrierten Datenbank weitere Parameter miteinbezogen. Am konkreten Beispiel

der Bodenversiegelung einer Seilschwebbahn wird dieser Wert aus der Summe der Fundamentflächen der Stationen und der Stützen bestimmt. Die Anzahl der Stützen wird entweder von der Software automatisch bestimmt oder durch eine konkrete Eingabe. Die automatische Bestimmung der Stützenanzahl erfolgt auf Basis von:

- Seilbahntyp,
- freier Streckenlänge zwischen den Stationen „Haltestellen“ und
- topologischen Anforderungen.

Innerhalb jeder Ebene der Bearbeitung wird das Zwischenergebnis zum jeweiligen Kriterium angezeigt. Dadurch werden die quantitativen Kenngrößen visualisiert und die Unterschiede zu den vergleichenden Verkehrsmitteln deutlicher hervorgehoben.

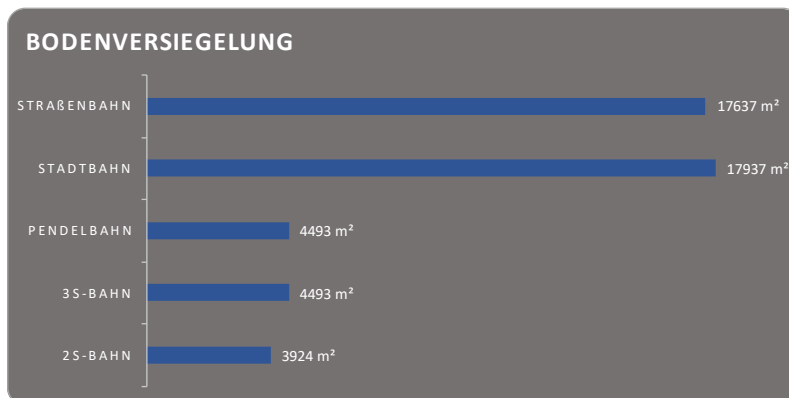


Abbildung 7.3: Beispielhaftes Zwischenergebnis des umweltsensitiven Kriteriums Bodenversiegelung

Ergänzend bietet sich die Möglichkeit, mithilfe von Gewichtungsfaktoren spezifische Schwerpunkte für die abschließende Bewertung zu setzen. Als Ergebnis erfolgt eine grafisch aufbereitete Gesamtbewertung in Form einer Punktebewertung. Diese spiegelt die Summe aller Eingaben und Bewertungen der einzelnen Vergleichskriterien einschließlich der Gewichtungsfaktoren wieder.

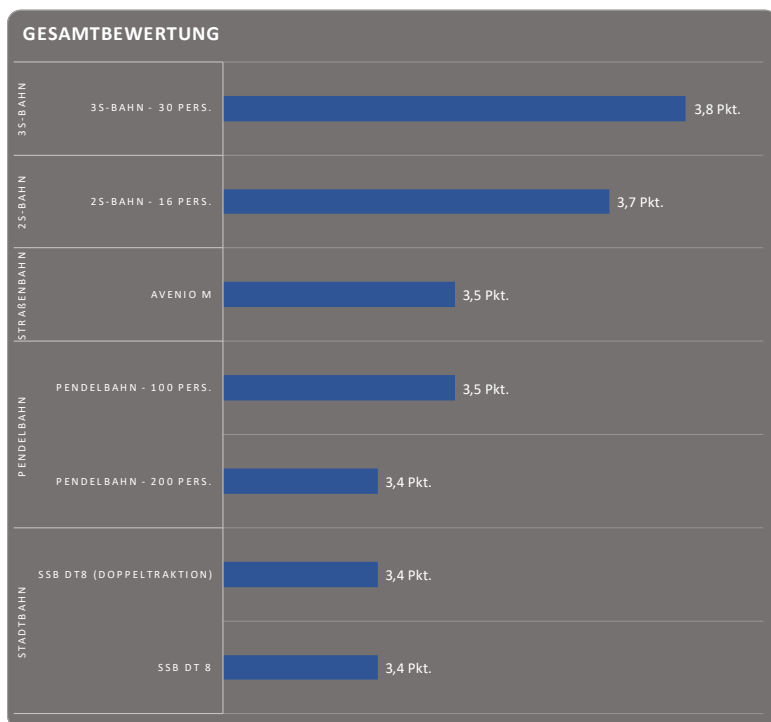


Abbildung 7.4: Abschließende Darstellung der Gesamtbewertung

Zusätzlich zu dieser Ergebnisdarstellung erfolgt eine aufgeschlüsselte Tabelle, die alle Vergleichskriterien enthält und die Einzelbewertungen aufzeigt. Dadurch sind die einzelne Vor- und Nachteile der Verkehrssysteme differenzierter erkennen und gegebenenfalls Anpassungen in der Vor-Planung der geplanten Streckenverbindung möglich.

	2S-Bahn - 16 Pers.	3S-Bahn - 30 Pers.	Avenio M	SSB DT 8	SSB DT8 (Doppeltraktion)	Pendelbahn - 100 Pers.	Pendelbahn - 200 Pers.
Erschließung	3	3	5	5	5	3	3
Zeitliche Verfügbarkeit	6	5	6	5	5	6	6
Qualitative Umweltkriterien	5	5	4	4	4	5	5
Fahrerlebnis	4	4	3	3	3	4	4
Bodenversiegelung	6	6	4	4	4	6	6
Beförderungsqualität	6	6	4	5	5	5	6
Taktzeit zur Normalverkehrszeit	6	6	3	3	3	3	3
Reisezeitverhältnis	2	3	6	5	5	2	1
Ausl. zur Normalverkehrszeit	1	1	1	1	1	1	1
Ausl. zur Hauptverkehrszeit	1	1	1	1	1	1	1
GESAMTBEWERTUNG	3,7	3,8	3,5	3,4	3,4	3,5	3,4

Erschließung
Zeitliche Verfügbarkeit
Qualitative Umweltkriterien
Fahrerlebnis
Bodenversiegelung
Beförderungsqualität
Taktzeit zur Normalverkehrszeit
Reisezeitverhältnis
Ausl. zur Normalverkehrszeit
Ausl. zur Hauptverkehrszeit
GESAMTBEWERTUNG

Abbildung 7.5: Zusammenhang der Bewertungskriterien und der Gesamtbewertung

Eine detaillierte Darstellung der Ein- und Ausgabeoberflächen der Entscheidungshilfe findet sich im Anhang.

8. Analyse der Bevölkerungsakzeptanz

8.1 Akzeptanz und Nutzung von Verkehrssystemen

Die Akzeptanz und Nutzung von Verkehrssystemen hängt von verschiedenen Faktoren ab, wie der Attraktivität, dem Komfort, der Sicherheit und der Verlässlichkeit. Klassische ÖPNV-Systeme sind in vielen Städten gut etabliert und werden von einem Großteil der Bevölkerung genutzt. Allerdings gibt es auch Herausforderungen, wie die Verbesserung der Kundenzufriedenheit, die Reduzierung von Vandalismus und die Gewährleistung der Sicherheit.

Urbane Luftseilbahnen sind in vielen Städten ein neueres Verkehrsmittel, und ihre Akzeptanz und Nutzung hängen von der Einstellung der Nutzer, der Integration in das bestehende Verkehrsnetz und der Kommunikation über ihre Vorteile ab. Obwohl sie in einigen Städten erfolgreich eingeführt wurden, gibt es auch Fälle, in denen ihre Akzeptanz und Nutzung hinter den Erwartungen zurückgeblieben sind. Um die Akzeptanz von Luftseilbahnen zu fördern, ist es wichtig, sie als Teil des gesamten Verkehrsnetzes zu positionieren, die Vorteile für die Nutzer klar zu kommunizieren und Barrieren für die Nutzung, wie etwa hohe Fahrpreise oder unzureichende Anbindung, zu überwinden.

Sowohl klassische ÖPNV-Systeme als auch urbane Luftseilbahnen haben Stärken und Schwächen in Bezug auf Mobilität und soziale Auswirkungen. Während klassische ÖPNV-Systeme in

der Regel eine größere Kapazität und ein breiteres Netzwerk bieten, können Luftseilbahnen kürzere und zuverlässigere Reisezeiten ermöglichen und in bestimmten Fällen die Zugänglichkeit und soziale Gerechtigkeit verbessern. Die Akzeptanz und Nutzung von Luftseilbahnen hängt von verschiedenen Faktoren ab, einschließlich der Integration in das bestehende Verkehrsnetz und der Kommunikation über ihre Vorteile. Um die positiven sozialen Auswirkungen beider Verkehrssysteme zu maximieren, ist es wichtig, ihre jeweiligen Stärken zu nutzen und gezielt auf die Bedürfnisse und Präferenzen der Nutzer einzugehen.

8.2 Analyse der Bevölkerungsakzeptanz

Im Rahmen dieser Forschungsarbeit wurde eine Analyse der Bevölkerungsakzeptanz gegenüber urbanen Seilschwebebahnen in zwei Phasen unterteilt durchgeführt. Zu Beginn wurden wenige verfügbare Umfragen aus der Literatur hinsichtlich ihrer inhaltlichen Schwerpunkte analysiert und zusammengetragen. Die in dieser Phase erkannten Lücken der bereits getätigten Umfragen wurden zum Anlass genommen, eine ergänzende Umfrage zu erstellen. Dabei wurden bei der Auswahl der Fragen die Schwerpunkte gewählt, die in der Vergangenheit noch nicht oder nur teilweise thematisiert wurden.

Wie bei jedem Großprojekt, kann auch mit einer Seilbahn eine mittelbare oder unmittelbare Beeinflussung des Lebens von Mensch, Umwelt und Tieren nicht ausgeschlossen werden. Daher ist eine transparente Kommunikation gegenüber der Bevölkerung und Interessensverbänden von hoher Wichtigkeit. Gelingt diese Bürgerbeteiligung nicht und nur in Teilen, schließen sich oftmals Projektgegner zusammen, um ihre Gegenargumente im Kollektiv zu vertreten und zu veröffentlichen. Eine Übersicht der Gegenargumente, die sich auf die Planungen einer Seilschwebebahn in Baden-Württemberg beziehen, sind in **Fehler! Verweisquelle konnte nicht gefunden werden.** aufgeführt.

Als Hauptgründe hinsichtlich des Naturschutzes werden vor allem die Erhaltung des Erholungsgebiets und der Lebensräume für Tiere und Pflanzen genannt. Die Errichtung einer urbanen Seilschwebebahn würde die einheimische Tier- und Pflanzenwelt unter anderem durch die elektromagnetischen Felder der neu verlegten Kabel verdrängen. Des Weiteren würde der Park seinen Status als Erholungsgebiet verlieren und die Menschen könnten diesen nicht mehr ungestört nutzen. Ebenso sollen die Betonfundamente der Stützen das Grundwasserverhalten stören und seien nicht nachhaltig.

Urbane Seilschwebebahnen sollen nach Aussage der Gegner die Privatsphäre und Sicherheit der Anwohner gefährden, wenn die Strecke an Wohnungen und Gärten vorbeiführt. Auch die Lärmbelästigung und der Schattenwurf, der durch die vorbeifahrenden Kabinen entsteht, seien problematisch. Das würde dazu führen, dass die Grundstücke und Häuser, die an den Seilbahntrasse liegen, deutlich an Wert verlieren würden und die Lebensqualität der Anwohner sinkt. Das kann laut der Gegner auch zu einer Verslumung der betroffenen Gebiete führen.

Zuletzt werden auch finanzielle Aspekte kritisiert. Die Einführung eines neuen Transportsystems in das bestehende ÖPNV-Netz sei zu teuer und würde sich nicht lohnen. Da Seilbahnen immer im Vollbetrieb fahren und nicht einfach angehalten werden können, wenn keine Fahrgäste vorhanden sind, schränkt das die Effizienz ein. Darüber hinaus werden der Unterhalt und die Wartung als sehr aufwendig gesehen und mit hohen Kosten verbunden. Auch sind die Gegner der

Meinung, dass Revisionsarbeiten jedes Jahr einen tage- bzw. sogar wochenlangen Stillstand bedeuten würden.

Zusammenfassend ist zu sagen, dass viele der genannten Gegenargumente nicht den neuesten Stand der Technik miteinbeziehen, welcher für viele genannte Probleme wie beispielsweise die Privatsphäre der Anwohner Lösungen anbieten könnte. Es bedarf deshalb mehr Aufklärung, um den Bürgern ihre Sorgen zu nehmen und die urbanen Seilbahnprojekte erfolgreich durchsetzen zu können.

8.3 Auswertung vorliegender Umfragen zu Seilbahnprojekten

Im Jahr 2019 hat das Beratungsunternehmen Drees & Sommer 160 Personen aus Stuttgart im Alter zwischen 18 und 80 Jahren befragt. Die Geschlechterverteilung war hierbei etwa gleich, allerdings gab es keine weiteren Details über die Altersverteilung und Berufsgruppen der Teilnehmer. Die Umfrage setzte sich aus zwei Teilen zusammen. Im ersten Teil wurde die allgemeine Nutzung des ÖPNV der Bevölkerung untersucht. Dabei gaben 58,1 % der Befragten an, dass sie den ÖPNV häufig bis sehr häufig nutzen. Die durchschnittliche Nutzung des öffentlichen Nahverkehrs aller Teilnehmer betrug 3,5 Tage pro Woche. Der zweite Teil der Umfrage befasste sich mit dem Thema (urbane) Seilbahnen. Dabei ging es vor allem um das allgemeine Sicherheitsgefühl bei der Nutzung von Seilbahnen, die Bereitschaft urbane Seilbahnen im Alltag zu nutzen und ob die Bevölkerung Seilbahnen grundsätzlich als Vorteil gegenüber anderen Verkehrsmitteln sieht. Die Teilnehmer dieser Umfrage sehen urbane Seilbahnen mehrheitlich als sinnvolle und nützliche Ergänzung des ÖPNV und wären bereit Seilbahnen in ihren Alltag zu integrieren. [DreSo19]

Die Universität der Bundeswehr München hatte in Zusammenarbeit mit der Ingenieurgesellschaft gevas humberg & partner 2018 eine Online-Umfrage in Bezug auf die mögliche Planung einer urbanen Seilbahn im Norden Münchens durchgeführt. Daran nahmen 736 Personen im Alter von 9 bis 86 Jahren teil. Um ein genaueres Bild der Zusammensetzung der Befragten zu schaffen, wurden auch die Altersverteilung und Berufsgruppen ermittelt. In dieser Umfrage gaben 70,8 % aller Teilnehmer an, dass sie den ÖPNV nutzen. Allerdings würden 8,5 % davon grundsätzlich keine urbane Seilbahn nutzen. Genannte Gründe sind beispielsweise Bedenken bzgl. des Stadtbildes sowie Klaustrophobie und Höhenangst. In der Umfrage wurde auch untersucht, welche Kombinationen aus verschiedenen öffentlichen Verkehrsmitteln eher bevorzugt bzw. abgelehnt werden. Bei einer Verkürzung der Fahrzeit pro Weg gab die Mehrheit an, dass sie die urbanen Seilbahnen bevorzugt nutzen würden. [Tie18]

Zusammenfassend decken die bereits getätigten Umfragen Themen wie Ängste und Vorurteile in Bezug auf Seilbahnen sowie die allgemeine Nutzungshäufigkeit von öffentlichen Verkehrsmitteln. In vergangenen Befragungen wurden Aspekte wie mögliche Mobilitätseinschränkungen, wie z.B. die Nutzung eines Rollstuhls oder einer Gehhilfe, allerdings vernachlässigt. Aber auch die Mitnahme von Fahrrad oder Kinderwagen und der entsprechend größeren Platzanforderung dadurch wurde bisher nicht berücksichtigt. Aus diesen Gründen wurde im Rahmen der Forschungsarbeit eine eigenständige Umfrage erstellt, die dazu beiträgt, ein vollumfängliches Stimmungsbild der Bevölkerung gegenüber urbanen Seilbahnen zu erhalten.

8.4 Durchführung einer Befragung

8.4.1 Aufbau und Teilnehmende der Befragung

Die Befragung wurde in drei Teile gegliedert. Im ersten Teil wurden allgemeine Fragen zur Person gestellt. Konkret wurde nach der Alters- und Berufsgruppe, dem Geschlecht und der Wohngegend (ländlicher bzw. städtischer Raum) gefragt. Darüber hinaus wurde auch ermittelt, ob Teilnehmer in ihrer Mobilität eingeschränkt sind, z.B. durch Gehhilfe/Rollstuhl, eingeschränktes Hör-/Sehvermögen oder auch durch eine kognitive Beeinträchtigung. Anschließend wurde das Mobilitätsverhalten untersucht. Es wurde gefragt, welche Strecke durchschnittlich täglich zurückgelegt wird und welches Verkehrsmittel dafür genutzt wird. Des Weiteren wurde auch die ÖPNV-Nutzung der Teilnehmer genauer analysiert. Zuletzt ging es um die Nutzung und Akzeptanz von (urbanen) Seilbahnen. Der Fokus lag hier besonders darauf, welche Wünsche und Anforderungen die Bevölkerung an urbane Seilbahnen hat und wie diese wahrgenommen werden in Bezug auf Nachhaltigkeit und Kosten verglichen mit anderen Verkehrsmitteln. Abschließend wurde den Teilnehmern die Möglichkeit für ein Feedback gegeben, um weitere Wünsche oder Anmerkungen mitzuteilen.

Die Zielgruppen der Umfrage waren Menschen mit besonderen Platzanforderungen, z.B. Menschen mit Rollstuhl, Fahrradpendler und Personen mit Kinderwagen. Insgesamt nahmen 204 Personen aus ganz Deutschland an der Befragung teil. Mit 19,61 % waren die Teilnehmer im Alter von 18 bis 25 Jahren in der Minderheit. Zwischen 26 und 45 Jahren waren 25,00 % aller Personen, 25,49 % waren zwischen 36 und 50 Jahren und die Mehrheit mit 29,90 % der Teilnehmer waren älter als 50 Jahre. Mit absoluter Mehrheit waren die Befragten männliche Personen. Ebenso gab der Großteil an erwerbstätig zu sein und in der Großstadt (> 100.000 Einwohner) zu leben. Nur 16,67 % der Teilnehmer gab an, eine die Mobilität betreffende Einschränkung zu haben.

8.4.2 Auswertung der Befragung

Um das Mobilitätsverhalten genauer analysieren zu können, wurden die Teilnehmer gefragt, wie häufig sie den ÖPNV nutzen. Die Ergebnisse dazu sind in nachfolgender Abbildung dargestellt und es ist zu sehen, dass die Mehrheit mit 147 Personen angegeben hatte, mindestens einmal wöchentlich öffentliche Verkehrsmittel zu nutzen.

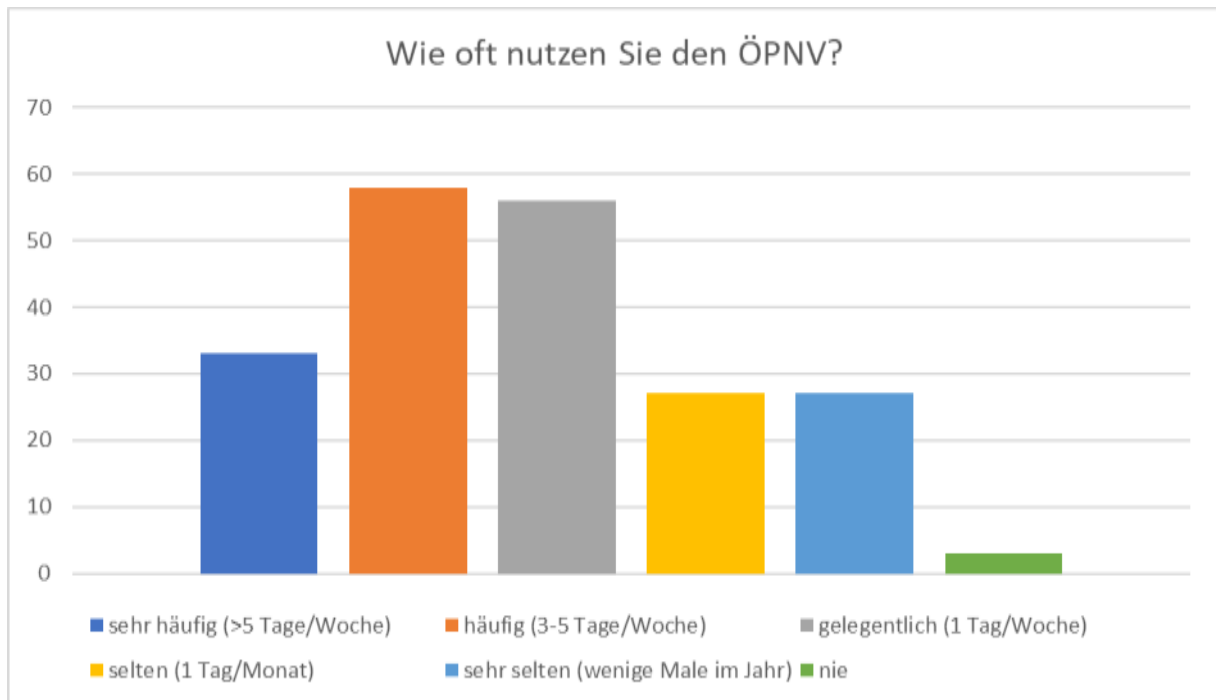


Abbildung 8.1: Ergebnisse zur Frage über die Häufigkeit der ÖPNV-Nutzung (Single Choice)

Um vor allem aber die Nichtnutzung des ÖPNV besser verstehen zu können, wurden die Teilnehmer, die diesen maximal ein Mal pro Monat nutzen, nach ihren Gründen hierfür gefragt. Die Multiple-Choice-Frage wurde von 57 Personen beantwortet und die Ergebnisse sind in nachfolgender Abbildung dargestellt. Es ist zu sehen, dass für 53 Teilnehmer grundsätzlich kein Bedarf besteht, da alle täglich besuchten Orte entweder zu Fuß oder mit dem Rad erreichbar sind. Allerdings gaben die Befragten auch an, dass es bei Bedarf nicht einmal direkte Verbindungen geben würde und es wurde auch bemängelt, dass der ÖPNV nicht sehr flexibel bzw. bequem und zudem langsam ist. Die Teilnehmer haben generell aber Zugang zu öffentlichen Verkehrsmitteln und auch die Sicherheit stellt für die meisten kein Problem dar.

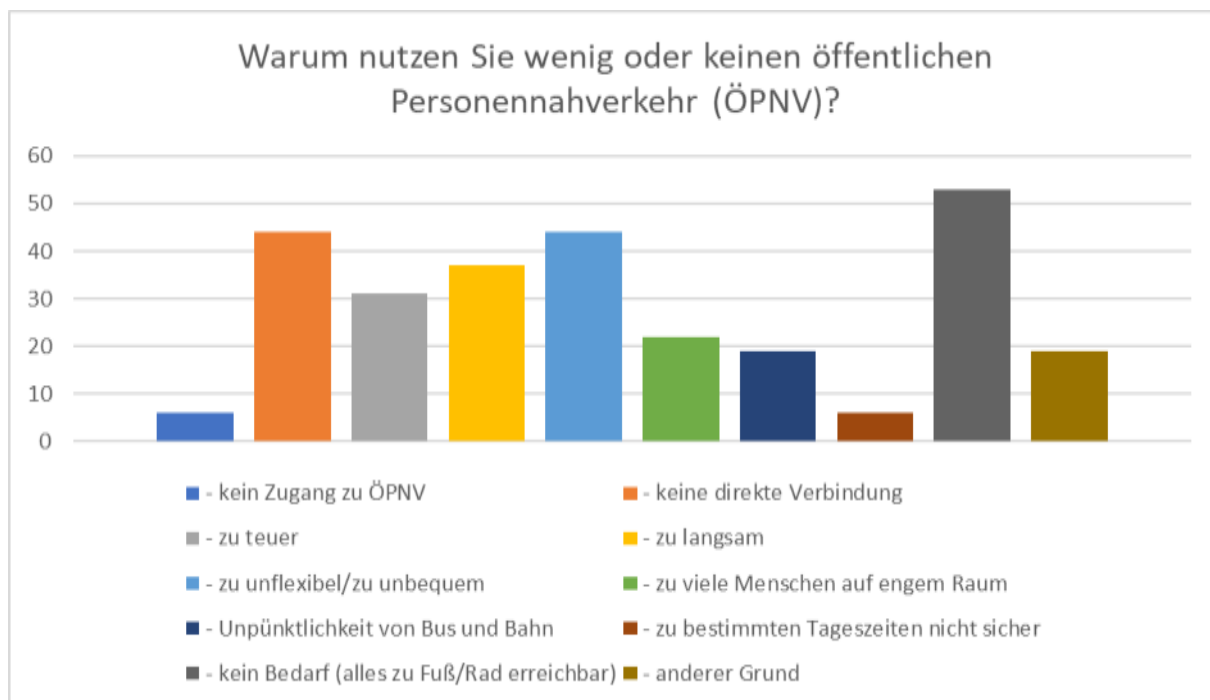


Abbildung 8.2: Ergebnisse zur Frage über die Gründe zur Nichtnutzung des ÖPNV (Multiple Choice)

Besonders im Fokus lag auch die Frage, welche Wünsche und Anforderungen die Bevölkerung im Allgemeinen an Seilbahnen hat. Dies wurde mit Hilfe einer Multiple-Choice-Frage ermittelt, wie in nachfolgender Abbildung zu sehen ist. Als besonders wichtig wurde vor allem der Komfort, mit z.B. großen Kabinen, breiten Türen sowie eine geräusch- und schwankungsarme Fahrt, angesehen. In Bezug auf die Sicherheit wünschten sich die meisten Teilnehmer auch Notrufsysteme; Kameraüberwachung in den Kabinen und separate Kabinen für Frauen werden aber nur von der Minderheit als sinnvoll empfunden. Letzteres kann aber auch darauf zurückzuführen sein, dass nur 50 der 204 Teilnehmer weiblich sind. Um die Fahrt für Menschen mit z.B. Rollstuhl, Kinderwagen oder Fahrrad möglich zu machen, wünschten sich die meisten Befragten zusätzlich ein barrierefreies Gebäude und einen ebenen Ein- und Ausstieg. Kaum von Bedeutung war aber eine permanente Fahrgastbegleitung sowie der eingeschränkte Einblick zum Schutz der Privatsphäre, z.B. durch verdunkelte Scheiben.

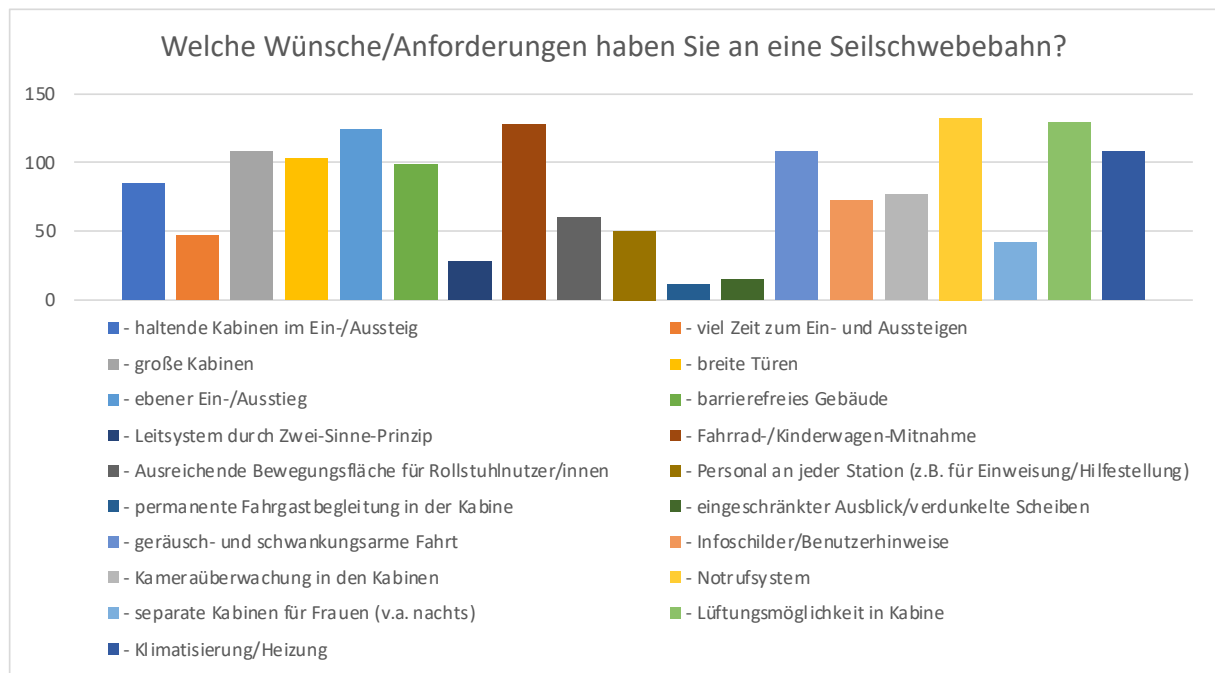


Abbildung 8.3: Ergebnisse zur Frage über die Wünsche und Anforderungen an Seilbahnen (Multiple Choice)

Zuletzt wurden die Teilnehmer danach gefragt, an welchen Orten sie eine Seilbahn als störend empfinden würden (siehe nachfolgende Abbildung). Die Mehrheit stimmte dafür, dass sie eine Seilbahn über ihrem Haus bzw. ihrer Wohnung stören würde. Ebenso ist ein großer Teil der Befragten der Meinung, dass es an bzw. über einem Friedhof unangebracht wäre. Die Orte, an denen es die Bevölkerung am wenigsten stört, sind unbewohnte Flächen, wie beispielsweise Industriegebiete, Stadtparks, landwirtschaftliche Flächen oder auch Innenstädte und Einkaufsstrassen.

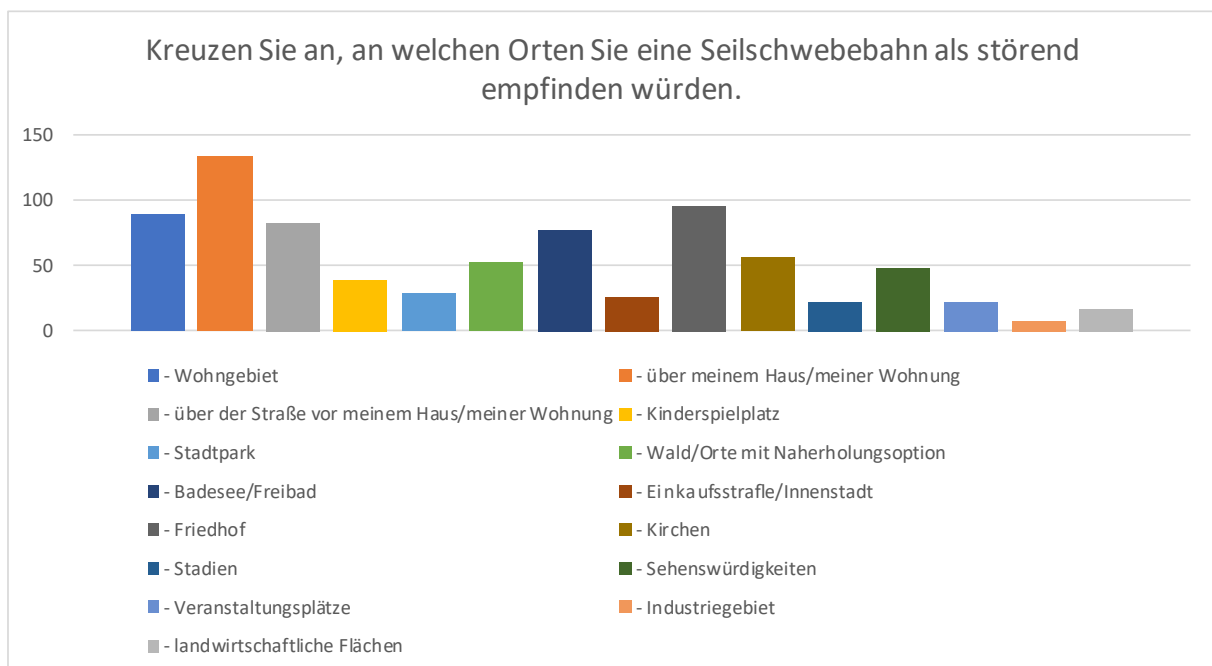


Abbildung 8.4: Ergebnisse zur Frage an welchen Orten eine Seilbahn stören würde

8.4.3 Negative Kommentare der Befragten

Im Anschluss an die Befragung war es den Teilnehmern noch freigestellt einen Kommentar bezüglich der Umfrage oder ganz allgemein zu urbanen Seilbahnen zu hinterlassen. In diesem Abschnitt sind einige der negativen Kritikpunkte zusammengefasst.

Häufig wurde kritisiert, dass urbane Seilschwebebahnen nur gerechtfertigt sind, wenn es das Gelände nicht anders zulässt und andere Verkehrsmittel dieselbe Strecke nicht zurücklegen könnten. Als Beispiel wurden unter anderem Flüsse und deutliche Höhenunterschiede genannt.

Des Weiteren wurde von mehreren Teilnehmern erwähnt, dass Seilschwebebahnen eine zu geringe Geschwindigkeit haben und somit nicht mit anderen Verkehrsmitteln konkurrieren können, wenn es um die Reisezeit geht. Auch sind einige der Befragten der Meinung, dass Wartungsarbeiten jedes Jahr zu tage- oder sogar wochenlangen Stillständen führen. Ebenso wären Seilschwebebahnen nicht einsatzfähig, falls es zu starkem Wind oder Gewittern kommt.

Das am meisten angesprochene Thema war allerdings, dass es schon eine ausreichende Vielfalt an Verkehrsmitteln gibt und es unvorteilhaft ist, ein weiteres neues Verkehrsmittel in das bereits bestehende ÖPNV-Netz einzubringen. Das ist zu teuer und die dafür benötigten finanziellen Mittel sollen bevorzugt in die Erweiterung des Schienenverkehrs investiert werden. Schienenfahrzeuge wie U-Bahnen oder S-Bahnen haben auch eine deutlich höhere Kapazität als die Kabinen einer Seilschwebebahn.

8.4.4 Zusammenfassendes Ergebnis zur Bevölkerungsakzeptanz

Abschließend ist festzuhalten, dass die Bevölkerung grundsätzlich dafür offen ist, urbane Seilbahnen zu akzeptieren und auch selbst in ihrem Alltag zu nutzen. Urbane Seilbahnen werden von der Mehrheit als umweltfreundlichere Alternative zu beispielsweise Autos oder Bussen gesehen und nach Angaben der Befragten würden im ÖPNV integrierte urbane Seilbahnen auch den Autoverkehr in der Stadt reduzieren. Bis auf wenige Ausnahmen haben die Teilnehmer auch schon Seilbahnen selbst benutzt, sei es in den Bergen oder im urbanen Umfeld. Im Allgemeinen bestehen auch nicht viele Sicherheitsbedenken, einige Personen nannten jedoch Höhenangst und Klaustrophobie als Ängste bei der Benutzung von Seilbahnen. Darüber hinaus war sich auch die Hälfte der Befragten einig, dass eine Seilbahn eine Attraktivitätssteigerung für die Region sei, wie z.B. für den Tourismus aber auch die Einwohner der jeweiligen Stadt. Allerdings sollte auf die Wünsche und Anforderung der Bevölkerung, sowohl bezüglich der Gebäude und Kabinen als auch der Standorte und Strecken, eingegangen werden, um eine möglichst große Akzeptanz zu schaffen. Eine urbane Seilbahn sollte vor allem aber auch in allen Bereichen barrierefrei sein, um so jedem Menschen, unabhängig von Alter, körperlichem Zustand oder ob sperrige Gegenstände (z.B. Kinderwagen, Fahrräder) mitgeführt werden, eine Nutzung zu ermöglichen und dadurch eine große Zustimmung in der Bevölkerung zu erreichen.

Die vollständigen Ergebnisse und Auswertungen der Umfrage sind im Anhang dargestellt.

9. Rechtliche Rahmenvorgaben und planerische Prozessgestaltung

9.1 Regulatorische und gesetzgeberische Seite von Seilbahnen

Für Seilschwebebahnen werden, wie für alle Öffentlichen Personennahverkehrsmittel, aufgrund von eigens erlassenen Gesetzen Mindestanforderungen vorgeschrieben. Aufgrund der unterschiedlichen Gesetzgebungskompetenzen ergeben sich unterschiedliche Gesetze und Verordnungen. Es können natürlich auch weitere Gesetze zutreffen, bspw. betreffen die Straßengesetz die Straßenfahrzeuge.

Technische Einzelheiten werden i.d.R. nicht in Gesetzen behandelt, da diese die Zustimmung des Parlaments erfordern. Diese werden im Falle des konventionellen ÖPNVs in unterschiedlichen Verordnungen geregelt. Dazu gehören

- Die Eisenbahn-Bau und Betriebsordnung (EBO)
- Die Verordnung über den Bau und Betrieb der Straßenbahnen (BOStrab)
- Und die Verordnung über den Betrieb von Kraftfahrtunternehmen im Personenverkehr (BOKraft)

Gesetzesgrundlage für die Verordnung sind für Eisenbahnen das Allgemeine Eisenbahngesetz (AEG) und für Straßenbahnen sowie Busse das Personenbeförderungsgesetz (PBefG). [Rei18] Seilschwebebahnen haben eigene landesspezifische Gesetze erhalten. Technische Einzelheiten werden durch die europäischen Normen beschrieben.

Verkehrsart	Eisenbahn	Straßenbahn	Bus	Seilschwebebahn
Bestimmendes Gesetz	AEG	PBefG	PBefG	Landesseilbahngesetze
Wichtigste Verordnung	EBO	BOStrab	BOKraft	-

Tabelle 9.1 Gesetze und Verordnungen für den ÖPNV, eigene Darstellung auf Basis [Rei18]

9.1.1 Rechtliche Rahmenvorgaben

Die Europäische Kommission verfolgt mit der EU-Seilbahnverordnung 2016/424³ vor allem eine vollständige (technische) Harmonisierung des Seilbahnbereiches in Europa. Dadurch wurden eine größere Einheitlichkeit der Vollziehung und ein gleiches Sicherheitsniveau (Produktsicherheit von Seilbahnen) in den Mitgliedstaaten geschaffen. [Ung16], [Fol20]

Der hierarchische Aufbau des Seilbahnrechts in Deutschland ist in nachfolgender Abbildung zusammengefasst. Es besteht aus EU-Recht, Bundesrecht und Landesrecht. Auf EU-Ebene gilt die

³ Eine Verordnung ist ein verbindlicher Rechtsakt, den alle EU-Länder in vollem Umfang umsetzen müssen. Um beispielsweise sicherzustellen, dass für Waren, die in die EU importiert werden, gemeinsame Schutzmaßnahmen gelten, hat der Rat der EU eine entsprechende Verordnung angenommen. (Union, 2022)

EU-Seilbahnverordnung 2016/424 (EU-Recht). Diese wird auf Bundesebene mit dem Seilbahndurchführungsgesetz – SeilbDG vollzogen (Bundesrecht). Alle Bundesländer sind entsprechend der europäischen Vorgaben verpflichtet ein entsprechendes Ländergesetz umzusetzen. Demnach sind für das seilbahnspezifische Recht die einzelnen Bundesländer zuständig (Landesrecht). [Schi22], [Wüs22]

Die Grundlage für dieses Recht bzw. Pflicht bildet der Artikel 70 Abs. 1 des Grundgesetzes. Demnach haben die Bundesländer grundsätzlich das Recht der Gesetzgebung, soweit dieses Grundgesetz nicht dem Bunde Gesetzgebungsbefugnisse verleiht. [Schif22]

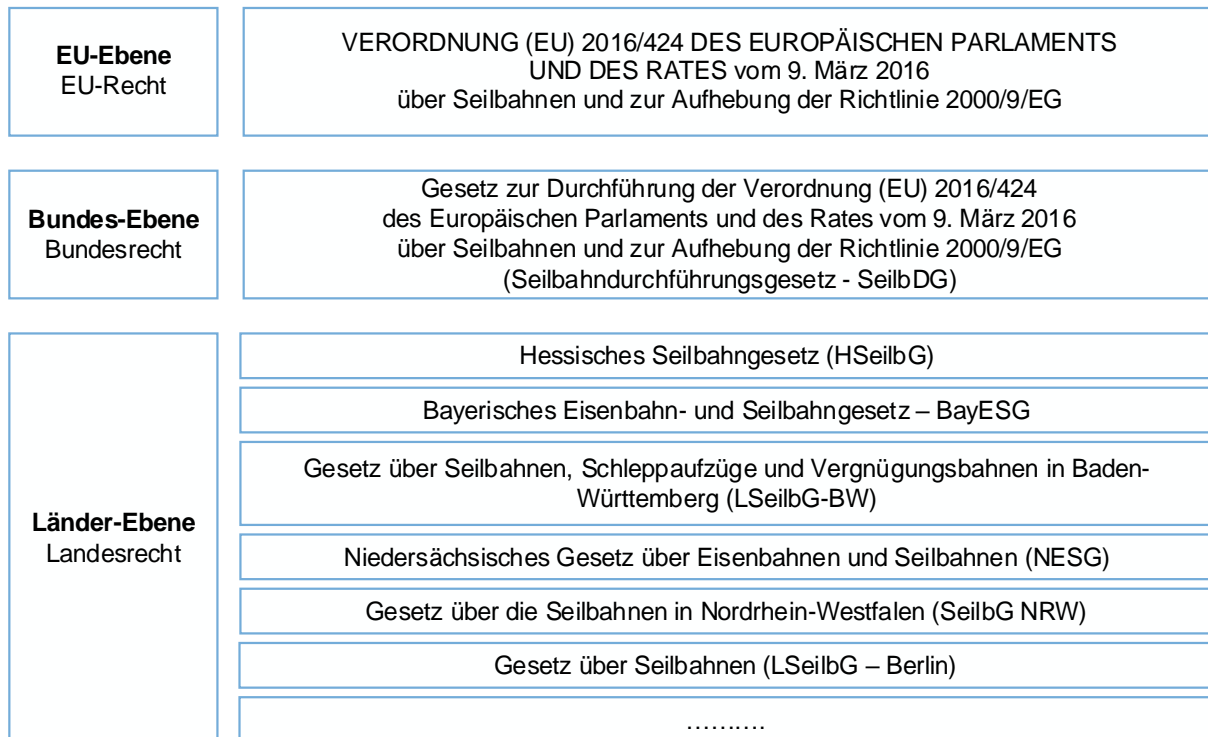


Abbildung 9.1: Hierarchischer Aufbau des Seilbahnrechts in Deutschland

9.1.2 Verordnung des Europäischen Parlaments

Die Grundlage für die Planung, Genehmigung und den Betrieb von Seilbahnen in Deutschland legt auf europäischer Ebene die EU-Seilbahnverordnung 2016/424 fest. Die Richtlinie nimmt dabei die Definition der wesentlichen Anforderungen an Seilbahnen vor. Insbesondere werden die technischen Sicherheitsanforderungen der Anlage geregelt. Dabei bezieht sie sich nicht auf den eigentlichen Betrieb von Seilbahnen. Sie soll vielmehr einen allgemeinen Rahmen schaffen, damit beim Betrieb von Seilbahnen für die Fahrgäste, das Betriebspersonal und Dritte ein hohes und gleichbleibendes Schutzniveau gewährleistet ist.

Die Verordnung überträgt das Genehmigungsverfahren für den Bau und die Inbetriebnahme einer Seilbahn für das jeweilige Hoheitsgebiet in die Zuständigkeit der Mitgliedsstaaten. Den für die Genehmigung einer Seilbahn zuständigen Behörden müssen alle sicherheitsrelevanten Dokumente sowie Unterlagen zur Instandhaltung, Überwachung und Wartung der Seilbahn vorgelegt werden. Dies gilt für den Neubau, wie bei wesentliche Änderungen an bestehenden Seilbahnen, an Teilsystemen oder Sicherheitsbauteilen.

Der Anhang II legt diese Anforderungen für den Entwurf, den Bau und die Inbetriebnahme von Seilbahnen sowie für die Teilsysteme und Sicherheitsbauteile fest. Die technischen Einzelheiten werden vom Europäischen Komitee für Normung (CEN) und dem Europäischen Komitee für elektrotechnische Normung (Cenelec) erlassen. [EU22], [Fol22], [Wüs22], [CEN22]

Artikel 9 der Verordnung regelt die Genehmigung von Seilbahnen. Jeder Mitgliedstaat legt das Genehmigungsverfahren für den Bau und die Inbetriebnahme einer Seilbahn für sein Hoheitsgebiet fest. Die für die Seilbahn zuständige Person legt der zuständigen Behörde oder Stelle alle sicherheitsrelevanten Dokumente sowie Unterlagen zur Instandhaltung, Überwachung und Wartung der Seilbahn vor. Werden bei bestehenden Seilbahnen wesentliche Änderungen an Teilsystemen oder Sicherheitsbauteilen durchgeführt, so erfordert es einer neuen Genehmigung in dem betreffenden Mitgliedstaat. [EU16]

Der Betrieb von Seilbahnen wird in Artikel 10 geregelt. Jeder Mitgliedstaat hat dafür zu sorgen, dass eine Seilbahn nur dann weiterbetrieben werden darf, wenn die sicherheitsrelevanten Voraussetzungen des Genehmigungsverfahrens eingehalten werden. Andernfalls trifft der Mitgliedstaat geeignete Maßnahmen, um die Bedingungen für den Betrieb der Seilbahn einzuschränken oder ihren Betrieb zu untersagen. [EU16]

9.1.3 Nationales Seilbahndurchführungsgesetz

Durch das Seilbahndurchführungsgesetz (SeilbDG) wird in Deutschland die EU – Seilbahnverordnung vollzogen. Darin überträgt das Bundesministerium für Verkehr und digitale Infrastruktur (BMDV) den jeweiligen Landesbehörden die Aufgabe der notifizierenden Behörde, also die Zuständigkeit für eine konforme Umsetzung der Vorgaben aus der Verordnung der EU. Die Definition, Anforderungen und Pflichten einer notifizierten Behörde legen die Artikel 23-25 der EU-Seilbahnverordnung 2016/424 fest. [Seilb17]

9.1.4 Ländergesetzgebung

Zur Umsetzung der EU-Seilbahnverordnung sind demnach alle Bundesländer verpflichtet eigene Ländergesetze umzusetzen. Die Landeseseilbahngesetze regeln die detaillierten Tatbestände für die Planung, Genehmigung, Bau und Betrieb von Seilbahnen für den Personenverkehr in den jeweiligen Hoheitsgebieten des Bundeslandes.

Insbesondere werden in den Landeseseilbahngesetzen Vorgaben zur Bau- und Betriebsgenehmigung gemacht. Der Bau und Betrieb sowie wesentliche Erweiterungen oder Änderungen einer Seilbahn bedürfen grundsätzlich der Genehmigung der zuständigen Behörde in den Landesverwaltungen. Je nach Bundesland bedarf es für eine Baugenehmigung ein Planfeststellungsverfahren oder ein Bebauungsplanverfahren sowie einer Umweltverträglichkeitsprüfung. [Schif22], [Fol20]

Jedes Landeseseilbahngesetz definiert die zuständigen Behörden für das Planungs- und Genehmigungsverfahren. Dabei wird insbesondere zwischen Planfeststellungsbehörde, Genehmigungsbehörde und technischer Aufsichtsbehörde unterschieden.

- Die Planfeststellungsbehörde entscheidet und genehmigt den Bau neuer Seilbahnen oder die Erweiterung bestehender Seilbahnen.
- Die Genehmigungsbehörde ist für die Anerkennung der benannten Stelle bzw. der sachverständigen Stellen zuständig.
- Die Technische Aufsichtsbehörde kontrolliert die Einhaltung aller technischen Vorschriften, der jeweiligen Ländergesetze und die Einhaltung der auferlegten Verpflichtungen.

Eine Übersicht von Landesbehörden (Genehmigungsbehörden, Aufsichtsbehörden und Planfeststellungsbehörden) mit den jeweils zuständigen Regierungspräsidien kann dem Anhang entnommen werden. Das Land Brandenburg hat zum Zeitpunkt der Forschungsarbeit noch kein Landes-Seilbahngesetz erlassen. Im Land gibt es keine Seilbahnen und auch keine anstehenden Planungen dazu. Bisher würden der Bau und der Betrieb einer Seilbahn durch die Bauordnung (BbgBO) geregelt. Gemäß des „Gesetz zur Änderung der Brandenburgischen Bauordnung“ wird Brandenburg der Praxis der anderen Länder folgen und ein Seilbahngesetz erlassen [MWAE20]

9.1.5 Gesetzgebungskompetenzen im ÖPNV

Die Gesetzgebungskompetenz im Bereich des ÖPNV leitet sich in Deutschland in aller Regel aus dem Grundgesetz ab. Der konventionelle ÖPNV wird hierbei differenziert betrachtet und zunächst in seine Bestandteile, den Schienenpersonennahverkehr (SPNV) und den Öffentlichen Straßenpersonennahverkehr (ÖSPV), gegliedert. Unter SPNV fallen Regionalbahnen sowie S-Bahnen, unter den ÖSPV fallen neben Stadtbussen und Straßenbahnen auch Stadtbahnen und U-Bahnen.

Die Gesetzgebungskompetenzen von Bund und Ländern sind in den Art. 70 bis 74 GG geregelt. Dabei wird zwischen der ausschließlichen Gesetzgebungskompetenz des Bundes und der konkurrierenden Gesetzgebungskompetenz unterschieden. Nach Art. 74 Abs.1 Nr. 23 GG werden alle spurgebundenen Verkehrssysteme (dazu zählt nicht nur der SPNV, sondern auch Straßenbahnen, Stadtbahnen und U-Bahnen) der konkurrierenden Gesetzgebung hinzugezählt. Bei der konkurrierenden Gesetzgebung haben in erster Linie die Länder die Befugnisse, Gesetze zu erlassen. Diese Befugnis gilt „solange und soweit der Bund von seiner Gesetzgebungszuständigkeit nicht durch Gesetz Gebrauch gemacht hat.“ (Art. 72 (1) GG)

Der ÖSPV, mit Ausnahme von spurgebundenen Verkehrssystemen, wird nach Rechtsauffassung dem Kraftfahrwesen zugerechnet, da diesem die Bereiche der Güter- und Personenbeförderung zugerechnet werden. Deshalb ist für diesen Bereich des ÖPNV der Art. 74 Abs. 1 Nr. 22 GG relevant. Demnach gibt es eine konkurrierende Gesetzgebungskompetenz (neben weiteren Bereichen) für das Kraftfahrwesen. Der Bund hat durch Erlass des Personenbeförderungsgesetzes (PBefG) von seiner Kompetenz Gebrauch gemacht, die ihm durch Art. 74 Abs.1 Nr. 22 und 23 GG verliehen wurde. [WD22]

Das PBefG gilt für den konventionellen ÖPNV (Bus, Straßenbahn und Busse) und regelt die Beförderung von Personen. Da sich das System Seilschwebebahn als möglicher integraler Bestandteil des ÖPNV als ein eher „neuartiges“ Phänomen darstellt, findet sich dieses Verkehrsmittel nicht im Grundgesetz und damit auch nicht im PBefG wieder. Bergbahnen, die in diesem Kontext als Seilschwebebahnen deutbar sein könnten, werden in Art. 74 Abs. 1 Nr. 23 von der konkurrierenden Gesetzgebung sogar ausgenommen. Seilschwebebahnen müssen damit aufgrund von

Art. 70 Abs. 1 und Art. 74 Abs. 1 Nr. 23 zur ausschließlichen Gesetzgebungskompetenz der Bundesländer gezählt und durch seilbahnspezifische Landesgesetze geregelt werden.

9.1.6 Einordnung von Seilschwebebahnen im ÖPNV

Eine grundsätzliche Definition des ÖPNV findet sich im Grundgesetz, das die gesetzliche Basis und die Zuständigkeiten für bestimmte Verkehrssysteme bildet, nicht. Eine Konkretisierung erfolgt letztlich Regionalisierungsgesetz (RegG), welches die Finanzmittelverteilung an die Länder im Detail regelt, sowie durch das Personenbeförderungsgesetz (PBefG) und die ÖPNV-Gesetze der Länder, welche ihrerseits die Mittelverteilung an die ÖPNV-Aufgabenträger regeln. Diese legen fest, dass grundsätzlich alle Verkehrsmittel im Linienverkehr zum ÖPNV zählen, die zudem eine Reiseweite von 50 km und eine Fahrzeit von einer Stunde nicht überschreiten. [Rei18]

Eine urbane und in den Verkehrsverbund integrierte Seilschwebebahn könnte laut der Definition des RegG und der ÖPNV-Gesetze also zum Linienverkehr zählen und müsste somit in den Grundsätzen gleichwertig wie der konventionelle ÖPNV behandelt werden. Diese Auslegung hat insbesondere in der Nahverkehrsplanung große Wichtigkeit. Im urbanen Raum umfasst der klassische ÖPNV somit im weit überwiegenden Anteil den Betrieb von Linienbussen und schienengebundenen Verkehrssystemen. Nur durch Seile oder an Seilen betriebene Bahnen finden sich in der aktuellen Gliederung nicht explizit aufgeführt. Eine erweiternde Einordnung der Seilschwebebahn im Sinne dieser Arbeit könnte sich wie folgt darstellen.

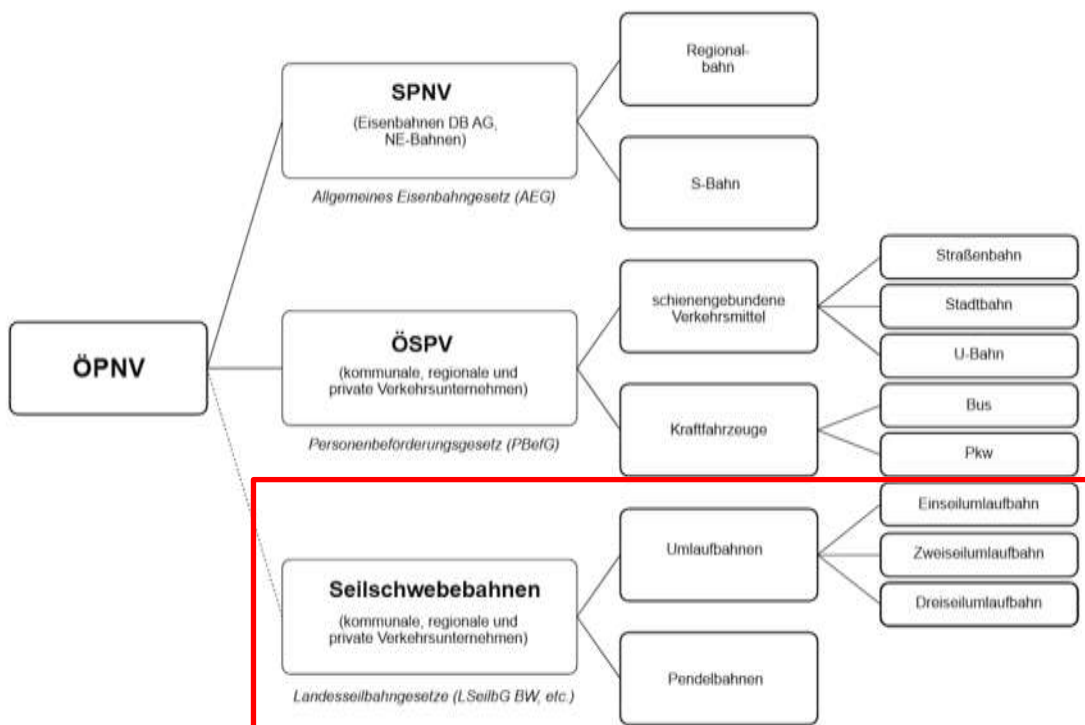


Abbildung 9.2: Einordnung Seilschwebebahnen im Kontext des ÖPNV (in Anlehnung an [Som20])

9.1.7 Personenbeförderungsgesetz

Als eine der Rahmenvorgaben zur Generierung von Anforderungen an den ÖPNV zählt in Deutschland das Personenbeförderungsgesetz (PBefG). Das PBefG bildet die gesetzliche Grundlage für die gewerbliche Beförderung von Personen mit Kraftfahrzeugen und Straßenbahnen. Im PBefG sind unter anderem geregelt:

- Ordnungsrechtliche Funktionen
- Anforderungen zum Schutz der Fahrgäste
- Wettbewerbliche und wirtschaftliche Funktionen (Regulierung des Verkehrsmarktes)

Im August 2021 trat eine novellierte Fassung des PBefG in Kraft. Die Neuerungen sind von besonderer Relevanz für das Ziel einer nachhaltigen und umweltgerechten Personenbeförderung, insbesondere durch die Ergänzung des § 1a „Klimaschutz und Nachhaltigkeit: Bei Anwendung dieses Gesetzes sind die Ziele des Klimaschutzes und der Nachhaltigkeit zu berücksichtigen.“ Ergänzende Erwähnung von Klimaschutz und Nachhaltigkeit finden sich auch im § 8 (3) und (3a), in denen den zuständigen Aufgabenträgern und Genehmigungsbehörden eben wieder die Sicherstellung und Beachtung dieser beiden Aspekte zugeordnet wird.

Daraus lässt sich eine Unterstützung von Verkehrsmitteln ableiten, die unter dem Aspekt der Nachhaltigkeit vordergründig auch auf die Disziplinen Flächenverbrauch und nachhaltiges Bauen eingehen. Seilschwebebahnen bieten in diesen Disziplinen besonders gute Bewertungsergebnisse gegenüber vergleichbar leistungsfähigen Alternativen, wie etwa den Schienensystemen Stadtbahn oder Straßenbahn. Demgegenüber findet sich jedoch im PBefG keine Formulierung, die eine Seilbahn als Verkehrsmittel definitiv in Berücksichtigung bringt.

In einigen Landeseseilbahngesetzen werden einige Aspekte, die im PBefG geregelt sind, ebenfalls behandelt, wie bspw. die Genehmigungspflicht und die Planfeststellung. Diese sind jedoch je nach Bundesland sehr unterschiedlich geregelt. Zudem fehlen die meisten Aspekte, die im PBefG geregelt sind gänzlich.

9.1.8 Nahverkehrsplanung

Die Aufgabenträger im ÖPNV (Landkreise, kreisfreien Städte oder Zweckverbände) sind nach dem PBefG und den ÖPNV-Gesetzen der Länder (mit Ausnahme von Hamburg) verpflichtet, regelmäßig einen Nahverkehrsplan aufzustellen. Dieser spielt als einer von mehreren Sektorplänen (neben Luftreinhaltepläne, Lärminderungspläne) eine entscheidende Rolle für die Bedarfsplanung und zur Sicherung und Verbesserung des ÖPNV. Der Nahverkehrsplan ist ein kommunalpolitisches Instrument, mit denen die ÖPNV-Aufgabenträger die Rahmenbedingungen für den ÖPNV festsetzen.

Aufgaben eines Nahverkehrsplanes (NVP) werden in §8 Personenbeförderungsgesetz (PBefG) geregelt. So heißt es in §2 Absatz (3): „Der Aufgabenträger definiert dazu die Anforderungen an Umfang und Qualität des Verkehrsangebotes, dessen Umweltqualität sowie die Vorgaben für die verkehrsmittelübergreifende Integration der Verkehrsleistungen in der Regel in einem Nahverkehrsplan.“ Auch die ÖPNV-Gesetze der Länder definieren die Erfordernis sowie Mindestanforderungen bzw. Mindestinhalte des Nahverkehrsplans. [FGSV02], [Rei18], [FIS18]

So legt das Land Baden-Württemberg in §11 seines ÖPNV-Gesetzes folgende Mindestanforderungen für den Inhalt eines Nahverkehrsplans fest:

- Bestandsaufnahme der vorhandenen Einrichtungen und Strukturen sowie der Bedienung im öffentlichen Personennahverkehr und dessen Verknüpfung mit den Verkehrsmitteln des Umweltverbundes.
- Bewertung der Bestandsaufnahme (Verkehrsanalyse Modal Split).
- Abschätzung des im Planungszeitraum zu erwartenden Verkehrsaufkommens im motorisierten Individualverkehr und im öffentlichen Personennahverkehr (Verkehrsprognose).
- Ziele und Rahmenvorgaben für die Gestaltung des öffentlichen Personennahverkehrs sowie dessen Verknüpfung mit den Verkehrsmitteln des Umweltverbundes.
- Aussagen über zeitliche Vorgaben und erforderliche Maßnahmen zur Verwirklichung einer möglichst weitreichenden Barrierefreiheit im öffentlichen Personennahverkehr.

Urbane Seilschwebebahnen als Teil des ÖPNV sind ein vergleichsweise neues Verkehrsangebot. Eine systematische Bedarfsplanung und Begründung aus einer formalen Nahverkehrsplanung hat es noch nicht gegeben. Der Grund hierfür liegt in den gesetzlichen Grundlagen und der historischen Entwicklung der Nahverkehrsplanung. Eine Einbindung von Seilschwebebahnen bei der Aufstellung von Nahverkehrsplänen, die für die Entwicklung des ÖPNV essentiell sind, ist weit überwiegend noch nicht erfolgt.

Als erster Vorstoß kann auf den Nahverkehrsplan des Landkreises München verwiesen werden, der den Auftrag zur vertieften Prüfung von Seilbahnen im Wege von Verkehrswertuntersuchungen nach dem Verfahren der Standardisierten Bewertung vorsieht. Für zunächst 23 Verkehrsrelationen in vier Korridoren wird das Verkehrsaufkommen für die Verkehrsmittel U-Bahn, Tram und Bus, aber alternativ auch für eine Seilschwebebahn abgeschätzt. Der verkehrliche Nutzen wird dann in einer zweiten Stufe den Kosten gegenübergestellt. Sinnvoll für urbane, betrieblich und tariflich in den ÖPNV integrierte Seilbahnen, ist also ein Verfahrensablauf, dessen erste Schritte innerhalb des Nahverkehrsplanes angeordnet werden.

9.1.9 Normative Vorgaben

Regularien zur Umsetzung von technischen Anforderungen an Seilbahnsysteme werden durch Normen auf EU-Ebene einheitlich vorgegeben. Die Anwendung von Normen ist grundsätzlich freiwillig und damit nicht bindend, das unterscheidet sie von Gesetzen. Eine Rechtsverbindlichkeit erlangt eine Norm erst, wenn Gesetze oder Rechtsverordnungen wie zum Beispiel eine EU-Richtlinie auf sie verweisen. Im nachfolgenden Auszug werden einige sicherheitsrelevante Normen aufgeführt. Eine umfassendere Aufstellung findet sich im Anhang.

Tabelle 9.2: Auswahl einschlägiger Normen für Seilbahnen [DIN22]

Norm	Bezeichnung
DIN EN 1907	Sicherheitsanforderungen an Seilbahnen für den Personenverkehr - Begriffsbestimmungen
DIN EN 12929	Sicherheitsanforderungen an Seilbahnen für den Personenverkehr - Allgemeine Bestimmungen
DIN EN 12397	Sicherheitsanforderungen an Seilbahnen für den Personenverkehr - Betrieb
DIN EN 13107	Sicherheitsanforderungen an Seilbahnen für den Personenverkehr – Bauwerke
DIN EN 12927	Sicherheitsanforderungen an Seilbahnen für die Personenbeförderung - Seile
DIN EN 1909	Sicherheitsanforderungen an Seilbahnen für den Personenverkehr - Räumung und Bergung

9.1.10 Fördergesetzgebung zu Seilbahnen

Für den klassischen ÖPNV können unter definierten Voraussetzungen finanzielle Unterstützungsleistungen des Bundes nach dem Gemeindeverkehrsfinanzierungsgesetz (GVFG) bezogen werden. Seit 2020 wurde das GVFG explizit im § 2 (1) um „Seilbahnsysteme, sofern die nach dem Beihilferecht der Europäischen Union zu beachtenden Voraussetzungen vorliegen“ erweitert. Einige Bundesländer, wie z. B. Baden-Württemberg haben bereits im Vorfeld zur Förderung durch den Bund das Landesgemeindeverkehrsfinanzierungsgesetz (LGVFG) dahingehend geändert, dass auch urbane Seilbahnen, die im öffentlichen Personenverkehr eingesetzt werden, förderfähig sind. [Rei18]

9.1.10.1 Gemeindeverkehrsfinanzierungsgesetz des Bundes

Das **Gemeindeverkehrsfinanzierungsgesetz (GVFG)** des Bundes ist ein wichtiges Instrument zur Förderung von Verkehrsinfrastruktur in Deutschland. Dabei werden sowohl Maßnahmen im kommunalen Straßenbau als auch im ÖPNV gefördert. Seit den 1960er Jahren hat das GVFG Verkehrsprojekte mit einem Gesamtvolumen von über 80 Mrd. € unterstützt. Projekte in Verdichtungsräumen mit einem Volumen über 50 Mio. € werden direkt vom Bund finanziert („Bundesprogramm“), während Projekte unter dieser Schwelle über die Länder gefördert werden („Länderprogramme“).

Im Zuge der Föderalismusreformen I und II wurden Mischfinanzierungen von Bund und Ländern entflochten. Die Länder erhielten höhere Anteile an den Gemeinschaftssteuern, dafür entfielen Zuweisungen des Bundes an Länder und Gemeinden. Dies betraf auch das GVFG. Das GVFG in der ursprünglichen Form lief Ende 2013 aus. Seit 2014 waren die Mittel für die Länderprogramme nur noch allgemein investiv zweckgebunden. Nach 2019 sollte das bundesfinanzierte GVFG ursprünglich gänzlich entfallen.

Bund und Länder haben sich allerdings in den Folgejahren darauf verständigt, das GVFG-Bundesprogramm über 2019 hinaus fortzuführen. Im Zuge der Klimabeschlüsse der Bundesregierung wurde sogar beschlossen, die seit vielen Jahren konstanten Mittel für das GVFG-Bundesprogramm deutlich zu steigern:

- Bis 2019: 333 Mio. €/a
- 2020: 665 Mio. €/a
- 2021 bis 2024: 1.000 Mio. €/a
- 2025: 2.000 Mio. €/a
- ab 2026: jährliche Dynamisierung um 1,8 %

Die Mittel des GVFG-Bundesprogramm unterliegen keinen festen Länderquoten, da sich keine stetige und gleichmäßige Verteilung der Großprojekte ab 50 Mio. € über das Bundesgebiet ergibt. In manchen Bundesländern gibt es über Jahre keine derartigen Projekte und in anderen Jahren eine Häufung größerer Projekte.

Bei der Novellierung des GVFG im Frühjahr 2020 wurden nicht nur Seilbahnen in die Reihe der förderfähigen Vorhaben aufgenommen, es erfolgten auch weitere Änderungen, die für die Förderung von Seilbahnprojekten relevant sein könnten:

- Die Fördersätze des GVFG wurden differenziert, für Seilbahnen ist ein Satz von 75 % der zuwendungsfähigen Kosten vorgesehen. Generell nicht zuwendungsfähig sind z. B. Verwaltungskosten oder Beiträge Dritter.
- Die Schwelle für die Aufnahme ins Bundesprogramm wurde von 50 auf 30 Mio. Euro abgesenkt, so dass nun auch kleinere Vorhaben vom Bund gefördert werden.
- Es ist möglich, bei Projekten, die im „besonderem Bundesinteresse“ liegen, bestimmte Kriterien im Bewertungsverfahren vorhabenspezifisch stärker zu gewichten (z. B. Klima- und Umweltschutz). Bei solchen Projekten wird der Fördersatz allerdings auf 60 % abgesenkt.

9.1.10.2 Landesgemeindeverkehrsfinanzierungsgesetz

Als Folge der mit der Entflechtung der Mischfinanzierungen von Bund und Ländern geplanten Abschaffung der Förderung über ein bundesweites GVFG-Programm entstanden in den Ländern eigene Landesgemeindeverkehrsfinanzierungsgesetze (LGVFG), in Baden-Württemberg im Jahr 2010. Die finanzielle Ausstattung erfolgte bis 2019 durch Finanzmittel des Bundes gemäß Entflechtungsgesetz (EntfLG).

Nach dem Auslaufen dieser Finanzierungsmittel wird das LGVFG aus den Einnahmen des jeweiligen Landes finanziert. Diese wurden durch Mehreinnahmen aus der Neuverteilung der Umsatzsteueranteile zwischen Bund und Ländern gestärkt. Das Land Baden-Württemberg erhöhte gemeinsam mit den Kommunen die bislang ins LGVFG geflossenen 165 Mio. Euro ab dem Jahr 2020 auf eine Gesamtsumme von 320 Mio. Euro pro Jahr. Damit stehen zukünftig nahezu doppelt so hohe Mittel pro Jahr wie bisher zur Verfügung.

Die Bandbreite der förderfähigen Vorhaben in Baden-Württemberg ist seit der letzten Novellierung des LGVFG im November 2019 deutlich größer geworden. Waren – im Gegensatz zum Bundes-GVFG – Seilbahnen bereits vor dieser Novellierung förderfähig, gehören nun z. B. auch

wichtige Maßnahmen der Rad- und Fußverkehrsinfrastruktur oder der Bau, Aus- und Umbau von Schnittstellen des Güterverkehrs zur Liste der förderfähigen Vorhaben.

Der allgemeine Fördersatz des LGVFG beträgt 50 % der zuwendungsfähigen Kosten. Bei einigen Maßnahmentypen, z. B. Vorhaben, die einen besonders positiven Beitrag zum Klimaschutz durch Reduzierung der Treibhausgasemissionen leisten, ist eine Förderung mit bis zu 75 % möglich. Hier könnte der besondere Beitrag von urbanen Seilbahnen zum Tragen kommen.

9.2 Strukturierung der Planungsschritte

Der Planungsprozess für urbane Seilbahnen ist ein umfassender und strukturierter Prozess, zu dessen Beginn eine grobe Bedarfsplanung auf gesamtstädtischer und regionaler Ebene durchgeführt werden sollte. Dabei werden der Ist-Zustand von motorisiertem Individualverkehr und öffentlichem Verkehr erfasst, eine Prognose für die zukünftige Nachfrage erstellt und Ziele und Vorgaben für die Gestaltung des ÖPNV festgelegt. Währenddessen werden auch planerische Maßnahmen zur Verbesserung des ÖPNV entwickelt und in den Planungsprozess integriert, wobei Akteure und die Öffentlichkeit beteiligt werden.

9.2.1 Bedarfsermittlung und Zielsetzung

Zunächst sollten die Gründe für die Errichtung einer urbanen Seilbahn geklärt werden, zum Beispiel, um den öffentlichen Nahverkehr zu verbessern oder die Verkehrsbelastung in einer bestimmten Region zu verringern. Dazu werden potenzielle Lücken im Verkehrsnetz oder im ÖPNV-Angebot identifiziert, bei denen die Vorteile von Seilbahnen, wie schnelle Bauzeiten oder temporäre Nutzung, zum Tragen kommen können. Daraufhin werden Projektideen zusammengestellt und verschiedene Projektvorschläge verkehrlich optimiert sowie Nachfrageschätzungen durchgeführt. Dies geschieht im Rahmen einer systemoffenen Verkehrswertuntersuchung.

9.2.2 Voruntersuchungen und Machbarkeitsstudie

In diesem Schritt werden die verschiedenen Optionen für die Strecke und die technischen Anforderungen für die Seilbahn untersucht. Danach folgt die Durchführung von Machbarkeitsstudien für ausgewählte Seilbahnprojekte und die Findung einer Vorzugvariante. Dabei werden auch die Kosten und der Zeitplan für die Planung und den Bau der Seilbahn geschätzt. Im weiteren Verlauf erfolgt die vertiefte technische Planung und Aktualisierung des Nutzen-Kosten-Indikators.

9.2.3 Genehmigungsverfahren

Sobald der Entwurf für die Seilbahn erstellt ist, müssen verschiedene Genehmigungen eingeholt werden, um den Bau der Seilbahn zu ermöglichen. Dies kann je nach Standort unterschiedlich sein und kann auch mehrere Monate oder sogar Jahre dauern.

Für urbane Seilbahnen kommen in der Regel zwei Genehmigungsverfahren in Frage: das Planfeststellungsverfahren und das Baugenehmigungsverfahren. Welches Verfahren angewendet

wird, hängt von verschiedenen Faktoren ab, wie beispielsweise der Größe und Komplexität des Projekts sowie insbesondere den rechtlichen Bestimmungen im jeweiligen Bundesland.

Neben einem Fachplan bzw. einem Bauleitplan ist in der Regel zusätzliche eine Bau- und Betriebsgenehmigung erforderlich. Diese stellt eine typische Betreiber- und Unternehmensgenehmigung dar, bei der

- die Verlässlichkeit des Seilbahnbetreibers
- die Betriebssicherheit des vorgesehenen Seilbahnsystems

geprüft werden.

Zudem muss der Bau von Seilbahnen mit dem gesamten Bundes- und Landesrecht, insbesondere den umweltrechtlichen Bestimmungen, in Einklang stehen. Dabei sind relevante Vorschriften und Auflagen zu beachten, um den Umweltschutz und die Einhaltung gesetzlicher Rahmenbedingungen zu gewährleisten.

9.2.4 Planfeststellungsverfahren

Das Planfeststellungsverfahren ist das umfassendere Planrechtsverfahren und kommt in der Regel bei größeren Infrastrukturprojekten, wie z. B. einem Seilbahnprojekt, zum Einsatz. Hierbei wird geprüft, ob das Projekt den rechtlichen Vorgaben entspricht und welche Auswirkungen es auf die Umwelt und die Anwohner hat. Das Verfahren ist sehr zeitaufwendig und kann mehrere Jahre dauern. Allerdings bietet es auch eine umfassende Möglichkeit für die Beteiligung der Öffentlichkeit und der betroffenen Interessengruppen. Aufgrund der zahlreichen Konfliktpotenziale im dicht besiedelten innerstädtischen Bereich ist das Planfeststellungsverfahren i.d.R. das fachgerechtere Verfahren. [Sten16]

Es bietet die Möglichkeit, in einem einzigen Verfahren über alle erforderlichen öffentlich-rechtlichen Genehmigungen verfahrensökonomisch zu entscheiden und alle öffentlichen und privaten Belange einheitlich zu berücksichtigen. Dies bedeutet nicht unerhebliche zeitliche und organisatorische Vorteile gegenüber anderen Genehmigungsverfahren sowie eine rechtsverbindliche Genehmigung nach Abschluss des Verfahrens.

9.2.4.1 Ablauf des Planfeststellungsverfahrens

Die Planfeststellung beginnt mit der Einreichung des Plans bei der zuständigen Behörde. Zu diesem Zeitpunkt ist die Planung weit fortgeschritten oder abgeschlossen. Die Ausarbeitung der Planung beginnt vor Planeinreichung. Bevor der Plan eingereicht wird, sind verschiedene Verfahrensschritte zu durchlaufen. Zunächst ist die Planungsphase vom Projektträger durchzuführen. Hierbei werden grundlegende Planungskonzepte, Ziele, Lösungsansätze und Planungsoptionen entwickelt. Das Hauptziel besteht darin, einen einreichungsfähigen Planentwurf zu erstellen. Im Kontext urbaner Seilbahnen für den Personentransport bedeutet dies, Verkehrsknotenpunkte und Lücken im städtischen öffentlichen Nahverkehr zu identifizieren, eine Bedarfsprognose basierend auf dem erwarteten Verkehrsaufkommen durchzuführen, das Seilbahnprojekt entsprechend zu dimensionieren und technisch detailliert zu planen sowie potenzielle Streckenverläufe zu ermitteln und sich letztendlich auf eine bevorzugte Route zu konzentrieren.

Das Ergebnis dieses Planungsvorgangs, an dem regelmäßig Planer, Ingenieure und Experten beteiligt sind, sind Antragsunterlagen, die den Anforderungen des § VwVfG § 73 Abs. VwVfG § 73 Absatz 1 Satz 2 VwVfG entsprechen. Eine öffentliche Beteiligung im Sinne von § VwVfG § 25 Abs. VwVfG § 25 Absatz 3 VwVfG sollte frühzeitig durchgeführt werden, insbesondere angesichts der Neuartigkeit von Seilbahnen als Verkehrsmittel des öffentlichen Nahverkehrs. Auf diese Weise können mögliche Ängste und Bedenken der Öffentlichkeit im Zusammenhang mit urbanen Seilbahnen frühzeitig behandelt werden.

9.2.4.2 Anhörungsverfahren

Das Anhörungsverfahren beginnt mit der Einreichung des Plans bei der Anhörungsbehörde. Die Anhörungsbehörde ist federführend für das Verfahren zuständig, dabei können Planfeststellungsbehörde und Anhörungsbehörde identisch sein, müssen es aber nicht. Es gibt in Bezug auf das Anhörungsverfahren von Seilbahnen keine Unterschiede zu anderen Infrastrukturmaßnahmen. Das Anhörungsverfahren umfasst folgende Schritte:

- Die Anhörungsbehörde veranlasst die Behördenbeteiligung und die öffentliche Planauslegung in den betroffenen Gemeinden.
- Nach Ablauf der Einwendungsfrist können keine Einwendungen mehr geltend gemacht werden.
- Der Erörterungstermin findet innerhalb von drei Monaten nach Ablauf der Einwendungsfrist statt.
- Die Anhörungsbehörde leitet ihre Stellungnahme und die Verfahrensunterlagen an die Planfeststellungsbehörde weiter.

9.2.4.3 Abschluss des Planfeststellungsverfahrens

Die Planfeststellungsbehörde muss die Planungen des Vorhabenträgers abwägend nachvollziehen und dabei die öffentlichen und privaten Belange gerecht ausgleichen. Das Abwägungsgebot verlangt, dass eine Abwägung stattfindet, dass alle relevanten Belange berücksichtigt werden und dass der Ausgleich zwischen ihnen angemessen ist. Wenn die Planfeststellungsbehörde innerhalb dieses Rahmens bleibt, hat sie planerische Gestaltungsfreiheit, die von einem Gericht nicht angefochten werden kann.

- **Abwägungsbelange pro Seilbahn**
Für ein Seilbahnvorhaben sprechen vor allem die verkehrlichen Zwecke, die touristische Anziehungskraft und die Erschließungsfunktion. Allerdings kann ein Verkehrsbedarf im Rahmen der Abwägung noch scheitern, wenn gegenläufige andere öffentliche und private Belange ein höheres Gewicht besitzen. Die Art und Gewichtung dieser Belange sowie ihr Niederschlag im Abwägungsergebnis sind einzelfallabhängig.
- **Eigentumsbetroffenheit**
Die verkehrlichen Zwecke und touristische Anziehungskraft einer Seilbahn sind wichtige Argumente zugunsten des Vorhabens. Allerdings können auch andere Belange, wie die Inanspruchnahme von Grundstücken und Eigentumsbetroffenheit, gegen das Projekt

sprechen. Zudem müssen mögliche Eigentumsbeeinträchtigungen durch die Trassenführung und Schattenwurf der Seile berücksichtigt werden.

■ **Umweltauswirkungen**

Die Umweltbelange spielen bei der Abwägung eine wichtige Rolle, insbesondere, wenn eine UVP-Pflicht besteht. Sollte keine UVP durchgeführt werden müssen, müssen dennoch Umweltaspekte berücksichtigt werden, die bereits beim UVP-Screening aufgeführt wurden. Wenn bestimmte Umweltschutzmaßnahmen in der Planfeststellung vorgesehen sind, kann dies dazu führen, dass ein gegen das Vorhaben sprechender Umweltbelang relativiert wird und somit leichter überwunden werden kann.

■ **Gemeindliche Belange, insbesondere §38 BauGB**

Die Planung von urbanen Seilbahnen führt aufgrund der Trassenführung in dicht besiedelte innerstädtische Bereiche zwangsläufig zur Berührung mit der kommunalen Bodenordnung und der Planungshoheit der betroffenen Gemeinde. Somit sind kommunale Belange, insbesondere die Festsetzungen eines Bebauungsplans, abwägungserheblich. Bei Vorhaben von überörtlicher Bedeutung besteht grundsätzlich die Möglichkeit, entgegenstehende Festsetzungen durch Abwägung zu überwinden, jedoch ist die Anwendbarkeit von §38 BauGB einzelfallabhängig. Die Einbettung des Vorhabens in einen über das Gebiet der Gemeinde hinausreichenden planerischen Zusammenhang ist entscheidend. Die Anwendbarkeit sollte daher bereits in einem frühen Planungsstadium mit Vorhabenträger und Kommune geklärt werden. Von der Anwendbarkeit hängt ab, ob lediglich eine Beteiligung der Gemeinde gemäß §38 BauGB erfolgt oder das gemeindliche Einvernehmen gemäß §36 BauGB eingeholt werden muss.

■ **Trassenvarianten**

Die Wahl der Trasse einer urbanen Seilbahn ist ein maßgeblicher Gesichtspunkt bei der Abwägung. Planungsalternativen müssen untersucht und im Verhältnis zueinander gewichtet werden. Es muss auch geprüft werden, ob durch eine andere als die Antrags-trasse das planerische Ziel mit geringerer Eingriffsintensität erreicht werden kann. Die für die Trassenentscheidung abwägungserheblichen Belange sind ähnlich wie die allgemein abwägungsrelevanten Gesichtspunkte und umfassen die Auswirkungen auf das private Eigentum, die Umwelt und die betroffenen gemeindlichen Belange sowie vorgesehene Ausgleichs- und Ersatzmaßnahmen. Die Konfliktrichtigkeit der Antragstrasse kann durch geschickte Planung minimiert werden. Bei angemessener Berücksichtigung der Lage vor Ort spricht mehr für als gegen eine Planfeststellung.

Diese Schritte gewährleisten, dass die Behörde keine Entscheidungen trifft, die gegen das Gesetz verstoßen oder die Interessen der Betroffenen vernachlässigen. Die Behörde hat bei der Planung daher eine gewisse Gestaltungsfreiheit, aber sie muss innerhalb dieser Grenzen handeln.

- Gemäß §74 Abs. 1 Satz 1 VwVfG entscheidet die Planfeststellungsbehörde durch Planfeststellungsbeschluss über die Zulassung des Vorhabens.
- Der Planfeststellungsbeschluss ist zuzustellen und für zwei Wochen in den betroffenen Gemeinden auszulegen.

- Der Planfeststellungsbeschluss kann mit der Anfechtungsklage nach §42 Abs. 1 Alt. 1 VwGO angefochten werden.

9.2.5 Umweltverträglichkeitsprüfung (UVP)

Die Umweltverträglichkeitsprüfung (UVP) ist ein wichtiger Bestandteil des deutschen Umweltrechts und dient der frühzeitigen Erkennung, Bewertung und Vermeidung bzw. Minimierung negativer Umweltauswirkungen von Infrastrukturvorhaben. Sie ist ein Verfahren zur Entscheidungsunterstützung für die zuständigen Behörden und soll sicherstellen, dass Umweltschutzbelange frühzeitig in die Entscheidungsfindung einbezogen werden. Die UVP ist gesetzlich vorgeschrieben für eine Vielzahl von Vorhaben, darunter kann je nach Einzelfall auch für die Errichtung und den Betrieb von Seilbahnen einschließlich der zugehörigen Betriebsanlagen und –einrichtungen die Durchführung einer UVP gesetzlich geboten sein. Dabei kommen je nach Einzelfall unterschiedliche Verfahrensstufen zur Anwendung.

Eine Übersicht über die anzuwendende Verfahrensstufe kann der folgenden Grafik entnommen werden.

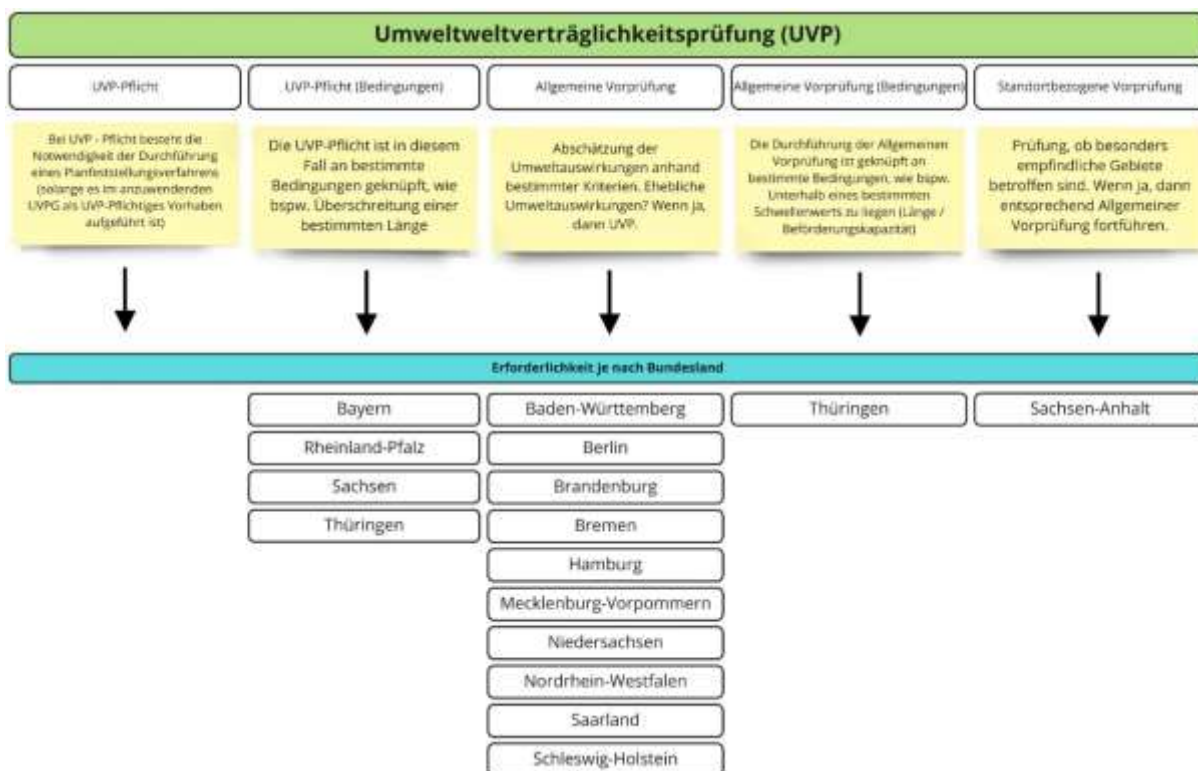


Abbildung 9.3 Übersicht über die unterschiedlichen UVP-Verfahrensstufen in Deutschland

Es wird im Hinblick auf Seilbahnen zwischen folgenden Verfahrensstufen unterschieden:

- **Allgemeine Vorprüfung im Einzelfall**

Eine allgemeine Vorprüfung des Einzelfalls ist ein Verfahren, das überschlägig die nachteiligen Umweltauswirkungen eines Vorhabens auf ihre mögliche Erheblichkeit prüft. Hierfür wird ein sogenanntes Screening durchgeführt. Das Ergebnis ist ausschlaggebend dafür, ob eine weitergehende UVP notwendig ist oder nicht.

- **Standortbezogene Vorprüfung im Einzelfall**

Im Rahmen der standortbezogenen Vorprüfung wird im Einzelfall geprüft, ob es aufgrund der örtlichen Gegebenheiten Besonderheiten gibt, die die in Anlage 3 Nr. 2.3 genannten besonders geschützten Gebiete betreffen. Dabei sollen lediglich die besonderen Empfindlichkeiten und Schutzziele dieser Gebiete berücksichtigt werden. Es handelt sich um eine überschlägige Prüfung, die dazu dient, mögliche Auswirkungen auf die geschützten Gebiete zu erkennen und zu bewerten.

Wenn keine besonderen örtlichen Gegebenheiten festgestellt werden, endet die standortbezogene Vorprüfung. Falls jedoch Besonderheiten festgestellt werden, folgt die eigentliche Vorprüfung, bei der die möglichen Auswirkungen des Vorhabens auf die Schutzgüter überschlägig geprüft werden.

Eine durchgängige UVP-Pflicht für Seilbahnen gibt es jedoch in keinem Bundesland. Dennoch kann in manchen Bundesländern eine UVP-Pflicht unter gewissen Voraussetzungen bestehen, beispielsweise wenn eine festgelegte Streckenlänge oder eine bestimmte Beförderungskapazität erreicht wird. Zudem können sowohl die allgemeine als auch die standortbezogene Vorprüfung an besondere Bedingungen gekoppelt sein. In den meisten Bundesländern kommt jedoch entweder eine Vorprüfung oder eine standortbezogene Vorprüfung zum Einsatz.

Ob urbane Seilbahnen signifikante negative Auswirkungen auf die Umwelt haben und wie eine Vorprüfung ggf. ausfällt, hängt vom Einzelfall ab. Es sprechen jedoch einige Aspekte einer Seilbahn dafür, dass die umweltrelevanten Auswirkungen begrenzt sein dürften, wie z. B.:

- **Trassierungsflexibilität**

Geschützte Gebietstypen wie Natura 2000-Gebiete oder Natur- und Landschaftsschutzgebiete können oftmals leicht vermieden werden.

- **Geringe Flächeninanspruchnahme**

Es werden lediglich für Stützen und Stationen Flächen in Anspruch genommen.

- **Allgemeines geringes Störungspotenzial von Seilbahnen**

Aufgrund der „infrastrukturelle Vorprägung städtischer Bereiche“ sind die Nutzungskonflikte zwischen der Gebietsnutzung und einer Wohngebietsüberquerung durch eine Seilbahn tendenziell geringfügig. [Sten16]

- **Geringes Lärmpotential**

Geräusche entstehen lediglich bei der Stützenüberfahrt (EUB) sowie in den Stationen.

- **Einsichtnahme**

Schutz der Privatsphäre ist technisch lösbar, bspw. mit Smartglas.

Demgegenüber sind jedoch bauzeitliche Beeinträchtigungen der Umgebung sowie baubedingte Eingriffe in die Natur zu erwarten. Die Auswirkungen auf lokale Tierpopulationen wie Vögel oder Fledermäuse können im Einzelfall jedoch untersucht und minimiert werden. Auch einer Beeinträchtigung des Landschaftsbildes oder der Stadtsilhouette durch die Seilbahn kann architektonisch vorgebeugt werden.

9.2.6 Öffentliche Beteiligung

Ein wichtiger Faktor bei großen Infrastrukturprojekten, wie z. B. einem Seilbahnprojekt ist die öffentliche Beteiligung. Hierbei kommt es darauf an, den richtigen Zeitpunkt für die Einbindung der Öffentlichkeit zu finden. Einerseits kann eine zu frühe Öffentlichkeitsarbeit ungünstig sein, da die Realisierbarkeit und planerische Visualisierung des Projekts noch unkonkret und nicht geprüft wurde und somit die Erwartungen der Öffentlichkeit an eine umfassende Information unerfüllt bleiben müssen. Andererseits kann eine spätere Einbindung dazu führen, dass die Bevölkerung das Gefühl hat, nicht ausreichend informiert worden zu sein und das Projekt grundsätzlich kritisch betrachtet.

Bei Experten herrscht jedoch Einigkeit, dass die Öffentlichkeit erst eingebunden werden sollte, sobald eine Realisierung des Bauvorhabens mit hoher Wahrscheinlichkeit umsetzbar ist.⁴

Die Meinung der Öffentlichkeit spielt eine entscheidende Rolle bei der Umsetzung von Seilbahnprojekten. Es ist wichtig, deren Bedenken und Anliegen ernst zu nehmen und sie in den Planungsprozess miteinzubeziehen. Hierbei sollten didaktische und sensible Aufbereitungen der Informationen erfolgen, um die Entscheidungsgrundlagen transparent und nachvollziehbar zu machen. Eine frühzeitige und offene Kommunikation mit der Bevölkerung kann auch dazu beitragen, mögliche Konflikte frühzeitig zu erkennen und zu vermeiden.

Es ist jedoch nicht immer einfach, den richtigen Zeitpunkt für die Einbindung der Öffentlichkeit zu finden. Insbesondere bei großen und umstrittenen Projekten wie Seilbahnen kann es schwierig sein, eine breite Zustimmung zu erreichen. Eine gut durchdachte und strukturierte Beteiligung der Öffentlichkeit kann jedoch dazu beitragen, Vertrauen in das Projekt und die Entscheidungsträger zu schaffen und die Akzeptanz in der Bevölkerung zu erhöhen.

Insgesamt ist die öffentliche Beteiligung ein wichtiger Bestandteil bei der Planung und Umsetzung von Seilbahnprojekten. Eine zeitnahe und transparente Kommunikation mit der Bevölkerung kann dazu beitragen, mögliche Konflikte frühzeitig zu erkennen und zu vermeiden, sowie Vertrauen und Akzeptanz in der Bevölkerung zu erhöhen.

9.2.7 Planungshemmnisse

Die Seilschwebebahn ist im urbanen Kontext in Deutschland mittlerweile keine Unbekannte mehr. In den deutschen Kommunen, insbesondere in den Bundesländern Nordrhein-Westfalen, Baden-Württemberg und Bayern gab und gibt es zahlreiche Ideen, die eine urbane Seilschwebebahn in

⁴ Expertengespräche (Fachbeirat) im Rahmen des Projektes

vielen Kommunen als verkehrsentlastende Alternative zu den konventionellen Verkehrssystemen sehen.

Die Projekte sind jedoch so unterschiedlich wie die Städte selbst, und es gibt verschiedene Herangehensweisen, um ein Seilschwebbahnprojekt umzusetzen. Oftmals wird ein Seilschwebbahnprojekt durch die Idee eines Politikers angestoßen, woraufhin eine Potentialanalyse oder Machbarkeitsstudie durchgeführt wird. Viele Projekte scheitern dann bereits in der Planungsphase, während andere kurz vor der Umsetzung gestoppt werden. Die Gründe dafür sind vielfältig und können von massiven Einwänden der Anwohner bis hin zu finanziellen Schwierigkeiten reichen.

Obwohl Seilbahnen in vielen Ländern als effiziente und umweltfreundliche Verkehrsmittel eingesetzt werden, haben sie in Deutschland oft mit Ablehnung und Skepsis zu kämpfen. Die vorgestellten Projekte in Hamburg, Köln, Trier, Wuppertal und München sind Beispiele dafür, wie politische, wirtschaftliche und gesellschaftliche Faktoren den Bau von Seilbahnen in Deutschland beeinflussen können.

In der folgenden Tabelle wird ein Auszug über in Deutschland bereits diskutierte, verworfene oder in Planung befindliche urbane Seilschwebbahnprojekte gegeben. Dieser Überblick hat keinen Anspruch auf Vollständigkeit, sondern soll lediglich einen ersten Eindruck über die große Anzahl der Seilschwebbahnprojekte vermitteln.

Tabelle 9.3 Übersicht Seilschwebbahnprojekte in Deutschland (Auswahl)

Kommune	Bauart	Stand	Datum
Bonn	Urbane Seilschwebbahn	Planrechtsverfahren	Oktober 2022
Wuppertal	Urbane Seilschwebbahn	Verworfen	Mai 2019
Augsburg	Urbane Seilschwebbahn	Politische Forderung	März 2022
Bergisch Gladbach	Urbane Seilschwebbahn	unklar	
Stuttgart	Urbane Seilschwebbahn	in Planung	Oktober 2022
München	Urbane Seilschwebbahn	Verworfen	

9.2.7.1 Seilbahnplanung in Wuppertal

Die Planung und Diskussion über eine mögliche Seilbahn in Wuppertal erstreckte sich über mehrere Jahre. Die Idee einer Seilbahn als umweltfreundliches Verkehrsmittel, das den öffentlichen Nahverkehr in der Stadt ergänzen und verbessern sollte, wurde von verschiedenen Akteuren diskutiert und geplant. In den folgenden Jahren entwickelte sich eine zeitliche Abfolge von Ereignissen, die schließlich zur Entscheidung gegen das Projekt führten. Diese Zeitschiene gibt einen Überblick über die wichtigsten Meilensteine in der Geschichte der Wuppertaler Seilbahnplanung: [Rei17]

- 2012: Die Idee einer Seilbahn wird von ProBahn vorgestellt.
- 2014: Wuppertal 2025-Strategie nimmt die Seilbahnidee auf; WSW mobil GmbH beauftragt eine Vorstudie zur technischen Machbarkeit.

- 2015: Vorstudie zur technischen Machbarkeit wird vorgelegt; Umfeldanalyse durchgeführt; Gründung von Bürgerinitiativen für und gegen das Seilbahnprojekt.
- März 2016: Rat der Stadt Wuppertal beschließt, die Planung fortzuführen und Bürgerbeteiligung zu begleiten; Online-Portal geht online.
- 2016: Überarbeitung des Nahverkehrsplans beginnt; Prüfung rechtlicher Fragen, standardisierte Bewertung und Bürgergutachten werden durchgeführt.
- 2016: Juristisches Gutachten und Bürgergutachten werden vorgelegt; keine absoluten Planungshindernisse identifiziert, aber Abwägungsentscheidung im Planfeststellungsverfahren bleibt offen.
- März 2017: Veröffentlichung der Standardisierten Bewertung / Nutzen-Kosten-Untersuchung: Mit einem Kosten-Nutzen-Indikator von 1,8 erweist sich das Projekt als gesamtwirtschaftlich rentabel und förderwürdig.
- 2019: Die Bürgerbefragung zur Seilbahn findet statt, bei der die Mehrheit der Bürger gegen das Projekt stimmt. Es folgt ein anschließender politischer Beschluss, dass das Projekt nicht weiterverfolgt wird. Die Wahlbeteiligung lag bei 50,49 %. [wuppertal.de, 2019]

Einige der Gründe, die gegen das Projekt angeführt wurden, waren die hohen Kosten und Reduzierungen im Busverkehrsangebot. Die Bürgerinitiative „Seilbahnfreies Wuppertal“ argumentierte, dass die Kosten von anfangs 34 Millionen Euro auf über 100 Millionen Euro gestiegen seien. Außerdem sei der Eigenanteil der Wuppertaler Stadtwerke (WSW) von 3,4 Millionen Euro im Jahr 2012 auf mehr als 22 Millionen Euro gestiegen.

Ein weiteres Argument gegen das Projekt war die geplante Halbierung des Busverkehrs in der Südstadt. Der Verein „Seilbahnfreies Wuppertal“ argumentierte, dass eine moderne Anbindung aus 10-Minuten-Takten der Buslinien in der Hauptverkehrszeit, vielen Direktverbindungen in die City, modernen elektrifizierten Bussen und vielen Ein- und Ausstiegspunkten bestehen sollte. Eine Seilbahn könne dies nicht bieten, da das notwendige Umsteigen die ÖPNV-Nutzung deutlich unattraktiver mache. Deshalb sei es der falsche Weg, wegen einer Seilbahn die Busverbindungen an rund vierzig Haltestellen zu kürzen und damit längere Wartezeiten, Umstiege und lange Fußwege auszulösen.

Weiterhin beklagte die Bürgerinitiative die erhöhte Umweltbelastung. Der Verein argumentierte, dass die Seilbahn zum Förderprogramm für mehr Autoverkehr werden würde. Die geplanten Einsparungen von 700.000 Buskilometer pro Jahr würden zu längeren Wartezeiten, Umstiegen und langen Fußwegen führen. Dies würde dazu führen, dass mehr Menschen auf das Auto umsteigen würden.

Insgesamt war das Seilbahnprojekt in Wuppertal ein ambitioniertes Vorhaben, das das Potential hatte, den öffentlichen Nahverkehr der Stadt nachhaltig zu verbessern und umweltfreundlicher zu gestalten. Die frühe Diskussion und Präsentation des Projekts in der Öffentlichkeit führten jedoch dazu, dass bereits in einem frühen Stadium unterschiedliche Meinungen und Haltungen entstanden. Bürgerinitiativen wurden ins Leben gerufen, die sich sowohl für als auch gegen das Projekt aussprachen.

Die Vorstudie, die erst später durchgeführt wurde, bildete die Grundlage für die Einbindung des Seilbahnprojekts in die laufende Überarbeitung des Nahverkehrsplans. Dennoch hatte die vorzeitige öffentliche Diskussion bereits eine starke Polarisierung innerhalb der Bevölkerung bewirkt.

Die Bürgerbefragung, die später stattfand, zeigte, dass die Mehrheit der Wuppertaler Bürger gegen das Projekt war, woraufhin die Politik die Planung endgültig ablehnte.

9.2.7.2 Elbseilbahn Hamburg

Das Hamburger Seilbahnprojekt zielte darauf ab, den Stadtteil St. Pauli mit dem Gelände der Internationalen Gartenschau Hamburg und dem Stadtteil Wilhelmsburg über die Elbe zu verbinden. Das Projekt wurde jedoch aufgrund von verschiedenen Interessenkonflikten und politischen Entscheidungen letztendlich nicht realisiert.

Zeitliche Übersicht der Geschehnisse:

- 2007: Die Firma Doppelmayr bringt erstmals die Idee einer Seilbahn von den Hamburger Landungsbrücken bis nach Wilhelmsburg bei der Behörde für Stadtentwicklung und Umwelt vor.
- 2010: Die Pläne konkretisieren sich, als der Musicalbetreiber Stage Entertainment in das Vorhaben einsteigt.
- März 2011: Das Vorhaben wird erstmals öffentlich angekündigt.
- 2012: Die Hafenbehörde erteilt dem südlichen Streckenabschnitt eine Absage und stellt fest, dass eine Anbindung der Internationalen Gartenschau nicht zeitgerecht realisiert werden kann.
- 2013: Die Zuständigkeit für das Vorhaben wird an die örtliche Bezirksversammlung Hamburg-Mitte delegiert, welche das Vorhaben ablehnt.
- 2014: Eine Bürgerinitiative sammelt genug Unterschriften für das Vorhaben, woraufhin es zu einem Bürgerentscheid kommt, bei dem 63 % der Bürger gegen das Vorhaben stimmen.

Das Seilbahnprojekt in Hamburg sollte ursprünglich dazu beitragen, den Stadtteil Wilhelmsburg besser an das öffentliche Verkehrsnetz anzubinden. Geplant war eine Strecke vom S-Bahnhof Wilhelmsburg bis zur S-Bahnstation Veddel, die eine Fahrzeit von etwa zehn Minuten haben sollte. Das Projekt wurde jedoch später verkürzt und die Strecke wurde auf die Elbquerung zwischen den Stadtteilen St. Pauli und Steinwerder reduziert. Dadurch wurde das Projekt zu einem rein touristischen Projekt ohne Relevanz für die Verkehrsbetriebe.

Die Planungen für das Seilbahnprojekt in Hamburg waren anlassgetrieben und wurden unabhängig von der strategischen Verkehrsplanung in der Stadt diskutiert. Es gab auch Bedenken bezüglich der Finanzierung und der Unsicherheit, ob das Projekt langfristig rentabel wäre. Der Senat rechnete mit Kosten in Höhe von 79 Millionen Euro und erhoffte sich eine jährliche Beförderungsleistung von etwa 1,2 Millionen Personen. Das Projekt stieß jedoch auf Kritik und wurde kontrovers diskutiert.

Das Scheitern des Hamburger Seilbahnprojektes war das Ergebnis unterschiedlicher Interessen und politischer Entscheidungen. Ursprünglich sollte das Projekt den verkehrlich stark belasteten Stadtteil Wilhelmsburg entlasten, doch nachdem die Hafenbehörde dem südlichen Streckenabschnitt eine Absage erteilte, verloren einige Unterstützer das Interesse am Vorhaben. Das Projekt

wurde letztendlich nicht realisiert, da die Bürger mehrheitlich dagegen stimmten und die Bezirksversammlung Hamburg-Mitte das Vorhaben ablehnte.

Ein wichtiger Kritikpunkt war, dass es keine Verbindung zur sonstigen strategischen Verkehrsplanung in Hamburg gab. Das Seilbahnprojekt wurde als isoliertes Projekt betrachtet, das an den tatsächlichen Bedürfnissen vorbeiging, die es für eine Erweiterung des öffentlichen Verkehrsnetzes in der Stadt eigentlich gab. Zudem ist unklar, ob die Verkehrsbetriebe in den Planungsprozess einbezogen wurden, da sie sich zu diesem Vorhaben nie öffentlich geäußert haben.

9.2.7.3 Seilbahnplanung in Köln

In Köln gab es Pläne, eine Seilbahn als Verbindung zwischen dem Hauptbahnhof und dem Bahnhof Messe/Deutz zu bauen. Die Idee wurde vom Nahverkehr Rheinland als Möglichkeit zur Entlastung der Hohenzollernbrücke und zur Schaffung zusätzlicher Kapazitäten für den Nahverkehr ins Spiel gebracht. Eine Machbarkeitsstudie ergab, dass die Seilbahn eine konkurrenzfähige und attraktive Alternative zu anderen Verkehrsmitteln wäre. Allerdings stieß das Projekt bei der Politik und Verwaltung in Köln auf mehr Skepsis als Zustimmung. Es gab keine entschiedenen Gegner, aber andere Projekte wurden als wichtiger angesehen und es fehlte am politischen Willen zur Umsetzung.

9.2.7.4 Seilbahnplanung in Trier

In Trier bestehen seit langem Überlegungen, eine Direktverbindung zwischen dem Hauptbahnhof und den Höhenstadtteilen auf dem Petrisberg zu schaffen. Die verdichtete Innenstadt liegt im Moseltal, während ein wichtiger Wohn- und Arbeitsplatzschwerpunkt der Stadt mit dem Campus der Universität und dem Wissenschaftspark auf dem Petrisberg liegt. Die zwei Haupteinfahrstraßen zum Petrisberg verlaufen teilweise sehr steil und sind in ihrer Kapazität begrenzt. Während Stoßzeiten ist es notwendig, die Universität mit 22 Busfahrten pro Stunde zu bedienen. Dennoch kommt es regelmäßig zu Überlastungen auf den Straßen zum Tarforster Plateau.

Zur Lösung dieses Verkehrsproblems wurden in den 1970er Jahren Überlegungen angestellt, darunter auch ein Kabinenbahnsystem. Diese wurden jedoch nicht weiterverfolgt. Ende der 1990er Jahre wurden diese Überlegungen von der Verwaltung und dem Stadtrat wieder aufgegriffen und es wurden Varianten angedacht, eine unabhängige Direktverbindung vom Hauptbahnhof zu den Höhenstadtteilen zu schaffen.

Im Jahr 2003 wurde eine Bewertung durchgeführt, die einen sogenannten Duobus, der sowohl im Oberleitungsbetrieb als auch mit Dieselantrieb hätte verkehren können, vorschlug. Obwohl diese Variante im Vergleich zu anderen Varianten sehr gut bewertet würde, konnte sie aufgrund fehlender Finanzierungsmöglichkeiten nicht realisiert werden.

2009 wurde eine Aktualisierung der Studie veranlasst, die auch eine Seilbahnlösung vorschlug. Die daraufhin durchgeführte Potentialanalyse empfahl zwar eine Überprüfung der Kosten für alle Varianten, kam jedoch zu dem Schluss, dass eine neue Buslinie gegenüber den Seilbahnvarianten die beste verkehrliche Wirkung erziele. Der Stadtrat beschloss 2012, eine Seilbahnlösung nicht weiterzuverfolgen, da fehlende Finanzierungsmöglichkeiten vorlagen. Der Bau einer neuen eigenständigen Bustrasse wurde vorerst ebenfalls nicht realisiert. Im Mobilitätskonzept der Stadt

Trier aus dem Jahr 2013 ist der Bau einer neuen Direktverbindung lediglich als langfristige Maßnahme (nach 2025) genannt.

Während des Planungsprozesses traten in der Öffentlichkeit vor allem die Stadtwerke Trier als Kritiker des Vorhabens auf, während die Mitarbeiter des Trierer Instituts für Raumentwicklung und Kommunikation als Befürworter des Vorhabens auftraten.

Ende 2022 traten erneut Diskussionen über eine künftige Verkehrsanbindung der Höhenstadtteile auf. Nun soll eine Machbarkeitsstudie in Auftrag gegeben werden, in der eine Bustrasse untersucht wurde. Während einige politische Gruppierungen und Interessensverbände die Einbeziehung einer Seilbahn in die Studie fordern, bleibt der endgültige Ausgang mit der Fertigstellung des Forschungsberichts abzuwarten. [swr22]

9.2.7.5 Seilbahnplanung Leonberg

Im Juli 2018 hat der Oberbürgermeister seine Idee, die in der Stadt vorherrschenden Verkehrsprobleme mit einer Seilbahn zu lösen. Eine Machbarkeitsstudie in Leonberg kam zu dem Ergebnis, dass unter den aktuellen Rahmenbedingungen eine Realisierung einer Seilschwebbahn nicht gesehen werden kann. Untersucht wurde folgende Trasse: Die Seilbahn hätte den Bahnhof, das Leo-Center und die Altstadt miteinander verbunden und außerdem zu den Autobahnabfahrten Ost und West geführt. Gründe waren insbesondere verkehrliche Aspekte, bspw., dass die Trassenführung nicht ohne das Überfliegen von Wohnhäusern geplant werden könnte oder sie auch eine zum Bus vergleichbar deutlich längere Reisezeit hätte. Daneben wurde zudem die Seilbahn als sehr personalintensiv beschrieben, wodurch es zu hohen Personalkosten bei einer Grobkostenschätzung gekommen ist. [StZ, kein Datum]

Die genannten gescheiterten Seilbahnprojekte verdeutlichen, dass die Planung und Umsetzung von Seilbahnen im urbanen Raum mit verschiedenen Herausforderungen verbunden ist. Im nächsten Kapitel soll daher auf diese Probleme und Hemmnisse bei Seilbahnplanungen genauer eingegangen werden. Anhand der genannten Beispiele werden zentrale Schwierigkeiten identifiziert und diskutiert, um aufzuzeigen, welche Faktoren eine erfolgreiche Umsetzung von Seilbahnsystemen im urbanen Raum beeinflussen können.

9.2.7.6 Hürden und Hemmnisse

Der Grund für das Scheitern von urbanen Seilschwebbahnprojekten fängt in vielen Fällen bereits bei der Bedarfsplanung an. Die Seilschwebbahn ist ein in seiner Trassenführung sehr starres Verkehrsmittel und sie kann aufgrund langer Haltestellenabstände nur in begrenztem Maße erschließen. Die Feinerschließung in der Fläche erfolgt i.d.R. eher durch Straßenbahnen und Busse. (FGSV, 2013) Dies stellt zunächst einmal kein Problem dar, sondern ist lediglich eine Funktionsbeschreibung des Systems und kann dann zum Problem werden, wenn das System Seilschwebbahn einem Verkehrsproblem „aufgezwungen“ wird. Erst im späteren Verlauf der Planungen bspw. in der Machbarkeitsstudie oder bei einem Systemvergleich wird erkannt, dass andere Systeme der Seilschwebbahn vorzuziehen sind.

Seilschwebbahnen sind keine „Alleskönner“. Typische Anwendungsfelder und Einsatzpotentiale von urbanen Seilschwebbahnen sind bspw. als „Verlängerer“, bei dem ein bestehendes Netz

verlängert wird oder der „Fly over“-Einsatz, bei dem die Seilschwebebahn zur Überbrückung von Barrieren wie Autobahnen oder Flüssen eingesetzt wird. Oftmals werden Seilschwebebahnen im Vergleich mit Bussen genannt. Stadtbussysteme dienen überwiegend der Feinerschließung. Der Vergleich der zwei Systeme ist somit nur schwer möglich. Dennoch werden sie oftmals direkt gegenübergestellt, was letztlich den Anschein erweckt, das System Seilschwebebahn wäre aufgrund der vielen gescheiterten Projektideen als städtisches Verkehrsmittel ungeeignet.

Insbesondere aufgrund der hohen Kosten von Seilschwebebahnen im Vergleich zu Bussen und ungenau definierter Planungsziele haben Bussysteme den Vorzug. Am ehesten können Seilschwebebahnen noch mit Expressbuslinien vergleichbar sein, die auf eigener, ggf. neuer, Trasse geführt werden. Aber auch diese erfordern eine ergänzende Feinerschließung in der Fläche mit Stadtbussen, wie es auch die Seilschwebebahn benötigt. Die Festsetzung konkreter Ziele und die Definierung von Rahmenbedingungen in den Siedlungsbereichen (Erschließungsfunktion, Verknüpfungsfunktion) zu definieren ist wichtiger Bestandteil der Verkehrsplanung und der Systemwahl.

10. Optimierungsansätze urbaner Seilbahnkonzepte

Seilschwebebahnen entstammen historisch dem Bergtourismus, da dies das beste Verkehrsmittel ist um große Höhen mit großen Steigungen zu überwinden. Auch Täler, Flüsse oder andere topologische Hürden können mit einer Seilschwebebahn überwunden werden. Die Verkehrsführung in städtischen Strukturen bringt jedoch andere, oftmals deutlich größere, Herausforderungen mit sich, als dies in Bergregionen der Fall ist. Damit eine Integration von Seilschwebebahnen in urbaner Umgebung besser gelingen kann, sind spezifische Anforderungen und Optimierungsansätze prüfenswert.

Für eine erfolgreiche Integration von Seilschwebebahnen in urbane Räume muss die Seilschwebebahn bereits bei der **Vorüberlegung** durch Verkehrsplaner, Stadtverwaltungen und Kommunen zur Lösung von Verkehrsproblemen als gleichwertiges Nahverkehrsmittel des ÖPNV angesehen und bewertet werden. Eine erfolgreich betriebene Seilschwebebahn in einem deutschen ÖPNV-Netzverbund könnte als Leuchtturmprojekt diese Aufklärungsarbeit in erheblichem Maße unterstützen.

Es sollte keine **einseitige Behandlung** des Verkehrsmittels Seilschwebebahn erfolgen. So wird beispielsweise die Lärmemission bei der Überfahrt einer Stütze oftmals als Kritikpunkt erwähnt. Oder das Gefahrenpotential während des Ein- und Aussteigens von einer Kabine erfasst zu werden. Diese Kritikpunkte sind legitim und müssen von den Seilbahnherstellern und Seilbahnbetreiber wahrgenommen werden. Jedoch ist im Vergleich zur Lärmentwicklung eines Dieselmotors die der Seilbahn sicherlich in den meisten Fällen deutlich geringer und das Gefahrenpotential am Bahnsteig einer S- oder U-Bahn zumeist größer als das in einer Seilbahnstation.

10.1 Überführung von bestehenden Konzepten

Die Integration einer Seilschwebebahn in die urbane Umgebung bedarf gegenüber den weitverbreiteten Bergbahnen entsprechender Anpassungen. Anforderungen hinsichtlich der bestehenden Infrastruktur von Gebäuden und Verkehrswegen, sowie die Anforderungen der Nutzerinnen und Nutzer, sind hier schwerpunktmäßig zu betrachten. So ist beispielsweise der verfügbare Bau- raum in der Stadt deutlich geringer als das in den Bergen der Fall ist. Zudem sollte im Hinblick auf Umweltschutzaspekte die neu versiegelte Fläche minimiert werden. Durch die deutlich höhere Betriebsdauer pro Tag und Jahr ist das Wartungskonzept anzupassen und das Wartungs- und Betreiberpersonal gezielt zu schulen. Sodass die Seilschwebebahn von den Nutzerinnen und Nutzer als vollständiges Element des ÖPNV anerkannt wird, müssen die Stationen an das ÖPNV-Netz angebunden sein und je nach Aufenthaltsdauer innerhalb der Station auch weitere Komfortansprüche bieten.

Die nachfolgenden Teilkapitel beschreiben thematisch gegliedert die Anforderungen an eine Seilschwebebahn als öffentliches Verkehrsmittel. Dabei stehen unter anderem der Beitrag zur autonomen Seilbahnstation und die Schaffung von ganzen Seilbahnnetzen im Fokus.

10.1.1 Antriebstechnik

Pendelbahnen und Umlaufbahnen zeigen meist den nahezu gleichen Aufbau. Neben den Trag-, Förder- und Zugseilen sind in jeder Station Seilscheiben sowie der Ein- und Ausstieg vorhanden. Die Kabine einer **Pendelbahn** kommt in der Station zum Stehen. Dabei wird sie weiterhin von den Tragseilen getragen und ist mit dem Zugseil verbunden, welches die Kabine wiederum entlang der Tragseile fortbewegt. Bei **Umlaufbahnen** wird die Kabine innerhalb der Station vom Zugseil „abgekuppelt“ und läuft vom Tragseil auf eine fest installierte Schiene. Ab dort werden die Kabinen mittels Reifenförderer fortbewegt. Nach der Verzögerung der Kabine für einen sicheren Ausstieg der Fahrgäste wird die Kabine umgelenkt um neu einsteigende Fahrgäste wieder zur Gegenstation zu befördern.

Die in den Stationen installierten Reifenförderer bringen jedoch einige Nachteile und Einschränkungen mit sich wie beispielsweise:

- Kabinen können nur in die festvorgegebene Richtung fortbewegt werden
- Reifenförderer sind laut, wartungs- und somit personalintensiv
- Ausschleusung einzelner Kabinen ist über Weichen möglich, jedoch ist die Übergabe zu einem weiteren Reifenförderer aufwändig
- Reifenförderer arbeiten immer zonenbezogen über mehrere Reifen hinweg, eine exakte Manipulation/Beförderung einer ausgewählten Kabine ist nur mit einem sehr hohen Anteil an Sensortechnik realisierbar
- Eine variable Beschleunigung einer ausgewählten Kabine ist nur mit einer ganzen Reihe hintereinander geschalteter Reifenförderer umsetzbar, die Umsetzung und der Betrieb würde sehr kompliziert werden.
- Da die Fortbewegung zwischen Reifen und Kabine reibschlüssig erfolgt, kann Schlupf entstehen und so zu Störungen im Stationsumlauf führen

Insbesondere bei Zwischenstationen oder Verteilstationen von Seilbahnnetzen kommt die Beförderung der Kabinen innerhalb der Station durch Reifenförderer an Grenzen. Die Substitution der Reifenförderer durch eine Technologie, die es ermöglicht jede Kabine zielgerichtet zu steuern löst viele Probleme der klassischen Reifenförderer.

Mithilfe von elektrischen Direktantrieben oder Linearmotoren die an jeder Kabine angebracht sind, können die Schwachstellen von Reifenförderer eliminiert werden. Ein **Direktantrieb** ist ein getriebeloser Elektromotor, der Geräusch- und Verschleißfrei ist sowie eine kompakte Bauweise aufweist. Ein **Linearmotor** ist eine elektrische Antriebsmaschine, bei der die Bewegung durch das Zusammenspiel von schaltbaren Elektromagneten und Permanentmagneten erzeugt wird. Diese Antriebsvariante ist vollständig Verschleißfrei und Geräuscharm.

Weitere Vorteile, die für eine Substitution der Reifenförderer sprechen, sind:

- In der Stationstechnik sind weniger bewegliche Komponenten, dadurch wird die Stationstechnik vereinfacht und wartungsärmer
- Durch die exakte Steuerung jeder einzelnen Kabine können variabel Kabinengruppen für eine Pulkabfertigung realisiert werden
- Das Brems- und Beschleunigungsverhalten der Kabine kann so gewählt werden, dass die Insassen keinen signifikanten Brems- bzw. Beschleunigungsruck erfahren, was den Fahrkomfort und das subjektive Sicherheitsgefühl steigern
- Die Sicherheit im Ein- und Ausstiegsbereich steigt, da jede einzelne Kabine über Abstandssensoren verfügt.
- Stationen können mehrgleisig ausgeführt sein. Bei Zwischenstationen kann ein Durchfahr Gleis und ein Zu-/Ausstiegsgleis realisiert werden. Bei Endstationen kann auf zwei parallel verlaufenden Gleisen ein- und ausgestiegen werden. Beispielsweise wäre es möglich, auf einem dieser Gleise die Kabinen vollständig anzuhalten, um einen barrierefreien Ein- bzw. Ausstieg zu gewährleisten.
- Die Möglichkeit jede Kabine zielgerichtet und sicher zu steuern begünstigt den Ausbau des autonomen Betriebs der Seilbahn

10.1.1.1 Direktantrieb

Teile der Stationstechnik, wie beispielsweise das Schienensystem, könnten weitestgehend beibehalten werden. Falls der Einsatz von Weichen erforderlich ist, sind diese in die Stationstechnik zu integrieren. Bei der zielgerichteten Steuerung jeder einzelner Kabine innerhalb der Station benötigt es ein entsprechendes Kabinenlaufwerk. Dieses Laufwerk muss die Seilklemme, die Laufwerksrollen, den Direktantrieb und ein Antriebsrad aufnehmen. Das Antriebsrad, welches meist als Reibrad ausgeführt ist, treibt die Kabine auf der Laufschiene an. Die nachfolgende Skizze (Abbildung 10.1) verdeutlicht die wesentlichen Komponenten. Die Laufschiene dient einerseits dem Antrieb der Kabine und andererseits als Fahrbahn. Am Laufwerk sind neben den Laufwerksrollen noch ein Reibrad, welches vom Direktantrieb angetrieben wird. Die Energieversorgung sollte über einen integrierten Akku erfolgen, da nur so höchste Flexibilität in der Spurführung ermöglicht werden kann. Die Positionserkennung der Kabinen zueinander sollte redundant über mehrere Prinzipien erfolgen. Zum einen verfügt jede Kabine über Abstandssensoren, die eine Kollision mit anderen Kabinen vermeidet, zum anderen sollte die exakte Position jeder

einzelner Kabine zu jeder Zeit bekannt sein. Nur so können Seilbahnkabinen zu Gruppen formiert werden oder die Weichen exakt gestellt werden. Die Bestimmung der exakten Position jeder Kabine erfolgt durch den Direktantrieb selbst. Da die Motordrehzahl und die sich daraus resultierende Bewegung bekannt sind, kann die Sollposition der Kabine bestimmt bzw. errechnet werden. Um eine sichere Schaltung der Weiche zu garantieren, sind vor den Weichen zusätzliche Sensoren (induktive Sensoren oder Lichtschranken) angebracht um die errechnete Position der Kabine mit der Ist-Position der Kabine zu vergleichen und zu verifizieren.

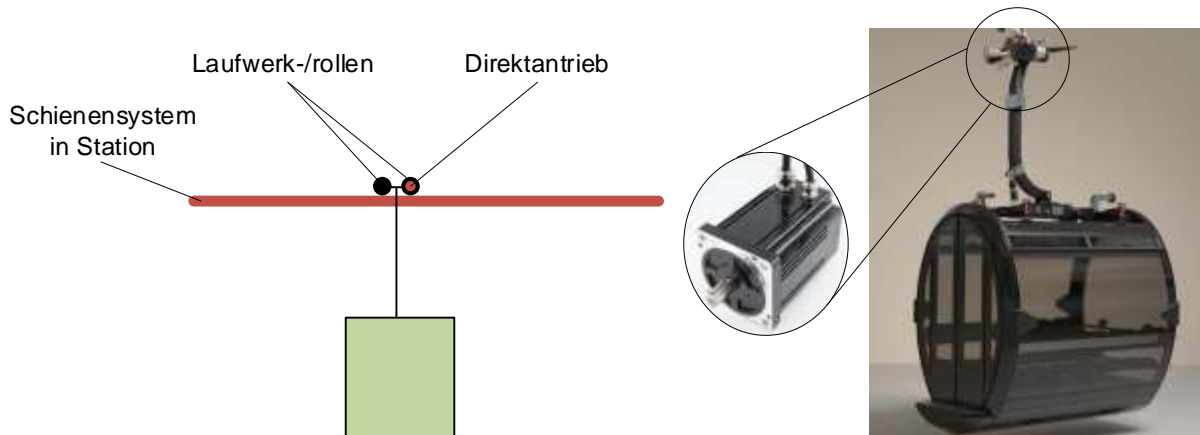


Abbildung 10.1: Schematischer Aufbau einer angetriebenen Seilbahnkabine durch einen Direktantrieb, eigene Darstellung auf Basis [Bar21]

Die wichtigsten Vor- und Nachteile des Einsatzes von Direktantrieben für die Bewegung der Kabinen innerhalb einer Station sind im Folgenden aufgelistet:

+	-
<ul style="list-style-type: none"> ▪ Geräusch-, Verschleiß- und Wartungsarm ▪ Energiespeicher ist meist für die Kabinenausstattung bereits vorhanden ▪ Energierückspeisung durch Bremsenergie möglich ▪ Sicherheitsgewinn durch den Einsatz vieler Sensoren und Überwachungseinrichtungen ▪ Mehrgleisige Stationen mit unterschiedlichen Stationsgeschwindigkeiten sind umzusetzen ▪ Verzweigungen der Streckenführung ist umzusetzen ▪ Die Garagierung kann autonom erfolgen ▪ Beitrag zur autonomen Seilbahnstation 	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Neuentwicklung eines Laufwerks erforderlich ▪ Laufwerk ist nicht mehr nur ein rein mechanisches Bauteil ▪ Kostenintensiv, da jedes Laufwerk einen Direktantrieb benötigt ▪ Wartungspersonal benötigt mechatronisches Wissen ▪ Direktantrieb und Reibrad ist bei der Fahrt zwischen den Stationen allen Witterungseinflüssen ausgesetzt. Eine ausreichend hohe Verfügbarkeit muss gewährleistet sein ▪ Erhöhter Bedarf an Sensoren führt zu erhöhter Komplexität der Station ▪ Witterungseinflüsse (Eis, Kälte, Wärme) kann die Eigenschaft des Reibrads beeinflussen und somit die Übertragung der Bewegungsenergie auf der Laufschiene

10.1.1.2 Linearmotor

Die Substitution von Reifenförderer durch Linearmotoren verfolgt das gleiche Prinzip wie das des Direktantriebs. Jede Kabine ist exakt und zielgerichtet steuerbar und kann sich bei einem ausreichenden Sicherheitskonzept auch autonom innerhalb der Station bewegen. Ein Linearmotor besteht aus einem **Läufer** der in der Regel einen Elektromagneten enthält und einem **Fahrweg**, der aus in Reihe angeordneten Permanentmagneten besteht. Die nachfolgende Skizze (Abbildung 10.2) verdeutlicht das System und das Prinzip der Bewegungserzeugung.

Das Magnetfeld des Läufers (Elektromagnet) wird gegenüber dem Permanentmagneten so gepolt, dass der Läufer stetig ein Wegstück in die gewünschte Fahrtrichtung „gezogen“ wird (gezogen bedeutet in diesem Fall, dass der vordere Magnet den Läufer anzieht, der hintere den Läufer abstößt). Die Länge des Wegstücks ist durch die Länge der Permanentmagnet-Segmente vorgegeben. Nach einem Wegstück wird der Läufer (Elektromagnet) umgepolt, sodass der Läufer sich wiederum um ein Wegstecke fortbewegt. Durch eine permanente Regelung des Elektromagneten des Läufers entsteht so eine kontinuierliche Bewegung. Durch die Stärke der Bestromung des Elektromagneten kann die Fahrgeschwindigkeit reguliert werden, durch die Umkehrung der Bestromung kann verzögert werden sowie eine Richtungsumkehr eingeleitet werden.

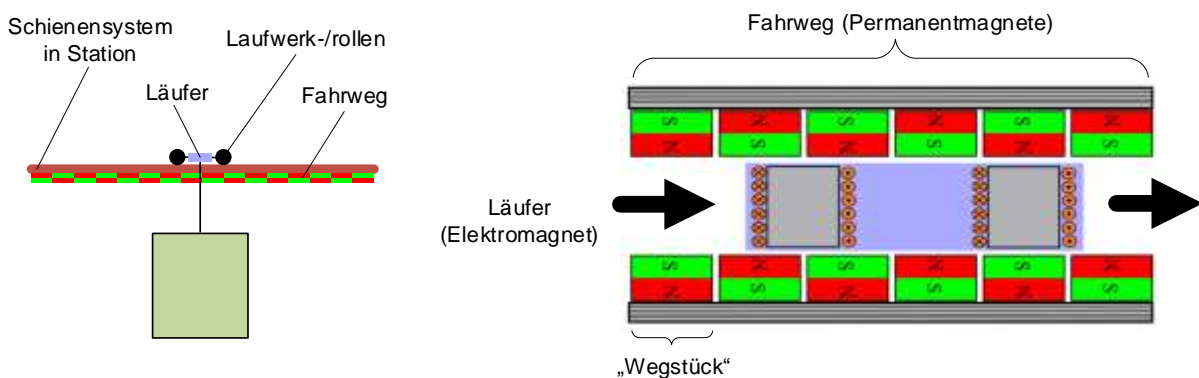




Abbildung 10.2: Schematischer Aufbau eines Linearmotors

Die Überführung dieses Prinzips erfolgt analog zu dem Bewegungsprinzip mit Direktantrieben. Die Seilbahnstation benötigt Laufschiene auf diesen die Kabinen getragen und befördert werden. Die Laufschiene dienen gleichzeitig auch als Fahrbahn und tragen die Permanentmagnete. Das Laufwerk der Seilbahnkabine entspricht dem Läufer und beinhaltet einen Elektromagneten. Durch die Regelung der Bestromung des Elektromagneten kann die Kabine innerhalb der Station exakt und zielgerichtet gesteuert werden.

Analog zum Prinzip mit Direktantrieb muss zu jeder Zeit die exakte Position aller Kabinen bekannt sein. Durch den Einsatz von induktiven Längenmesssystemen und Abstandssensoren an den Kabinen können die Weichen sicher geschaltet werden und so ein sicherer Betrieb gewährleistet werden.

Im Folgenden sind die wichtigsten Vor- und Nachteile des Einsatzes von Linearmotoren für die Bewegung der Kabinen innerhalb einer Station zusammengefasst:

	
<ul style="list-style-type: none"> ▪ Geräusch-, Verschleiß- und Wartungsarm ▪ Einfache bauliche Integration, da geringer Bauraum ▪ Hohe Präzision und Wiederholgenauigkeit, kein Schlupf ▪ Übertragung hoher dynamischer Kräfte ▪ Das Laufwerk ist im Verhältnis zu der Stationstechnik (Fahrweg) günstig ▪ Witterungseinflüsse haben keinen großen Einfluss auf das System ▪ Sicherheitsgewinn durch den Einsatz vieler Sensoren und Überwachungseinrichtungen ▪ Mehrgleisige Station mit unterschiedlichen Stationsgeschwindigkeiten ist umzusetzen ▪ Verzweigungen der Streckenführung ist umzusetzen ▪ Die Garagierung kann autonom erfolgen ▪ Beitrag zur autonomen Seilbahnstation 	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Verwendung von einer Vielzahl von Magneten (Seltene Erden) ▪ Bei langen Fahrwegen (oder Parallelgleise) steigt die Anzahl der benötigten Permanentmagnete proportional. Dadurch auch proportionaler Anstieg von Kosten und Gewicht ▪ Neuentwicklung eines Laufwerks erforderlich ▪ Laufwerk ist nicht mehr nur ein rein mechanisches Bauteil ▪ Wartung an Fahrbahn bedarf besondere Vorsicht, da magnetische Anzugskraft der Permanentmagnete ▪ Offenliegende Permanentmagnete ziehen metallische Partikel aus der Umgebung an ▪ Erhöhter Bedarf an Sensoren, erhöht die Komplexität der Station

10.1.1.3 Carrier-System

Sollen vergleichsweise längere Strecken, vor allem Strecken außerhalb der Stationsgebäude, überwunden werden, ist das schienenbasierte Carrier-System eine Möglichkeit (Abbildung 10.3). Dabei wird eine klassische Seilschwebbahn mit einer aufgeständerten Schienenbahn kombiniert. Sobald die Kabine in die Station einfährt wird diese durch die Stationstechnik (konventionell oder neuartig) verzögert, vom Seil abgekuppelt und weiter innerhalb der Station befördert. Auf dem gleichen Schienensystem der Station ist ein Selbstfahrer, ein sogenannter Carrier, positioniert. Je nach Ausführung des Systems erfolgt die Kopplung zwischen Seilbahnkabine (bzw. Laufwerk) und Carrier bei Stillstand oder bei gleicher stark reduzierter Geschwindigkeit. Sobald die Kopplung sicher und erfolgreich abgeschlossen ist, erfolgt die Bewegung der Seilbahnkabine ausschließlich über den elektrisch angetriebenen Carrier. Somit ist es möglich auch größere Distanzen zwischen beispielsweise zwei Seilbahnstationen zu überwinden, ohne dass ein Umstieg der Fahrgäste erforderlich ist. In der Zielstation erfolgt die Übergabe der Seilbahnkabine an die Seilbahntechnik in umgekehrter Reihenfolge.

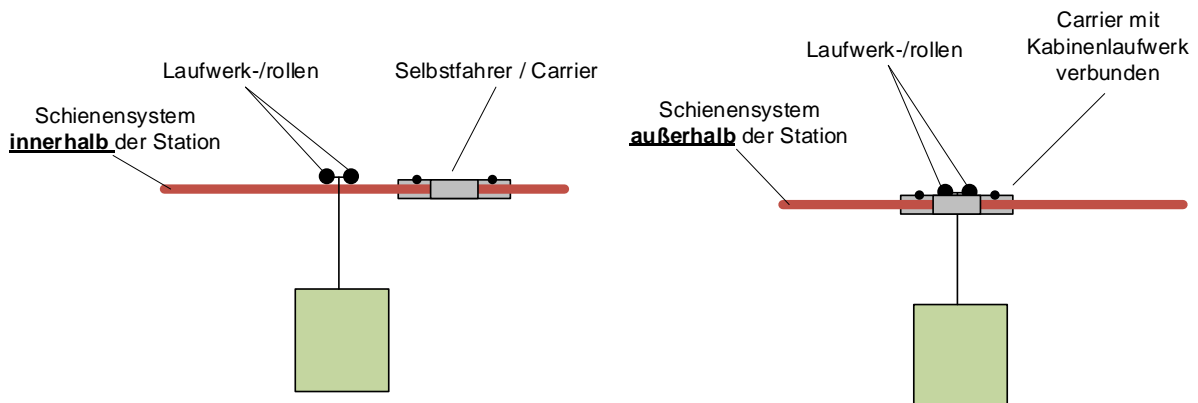




Abbildung 10.3: Schematisches Prinzip der Beförderung mittels eines Carrier-Systems

Für die Umsetzung dieses System ist darauf zu achten, dass der Übergang von der Stationstechnik zum Schienensystem und umgekehrt vom Carrier problemlos befahren werden kann und zusätzliche Weichensysteme ein Aussondern oder Puffern der Carrier ermöglichen. Für das Zurückhalten, Abstellen und Puffern der Carrier ist ein Bahnhof oder eine Pufferzone vorzusehen. Die Energieversorgung der Carrier kann durch integrierte Akkus, die während der Wartezeiten geladen werden können oder durch den Einsatz von Stromleitschienen entlang der gesamten Streckenverbindung erfolgen.

Die vorrangige Anwendung dieses System ist für die Überbrückung von längeren Distanzen zwischen zwei Seilbahnstationen, bei diesen eine seilgeführte Trasse nicht oder nur aufwendig umsetzbar ist. Dies ist beispielsweise der Fall, wenn eine horizontale Ablenkung der Streckenführung notwendig ist oder eine seilgeführte Trasse aus städtebaulichen oder infrastrukturellen Gegebenheiten nicht möglich ist. Durch das aufgeständerte Schienensystem sind sehr enge Kurvenradien befahrbar, was gegenüber einer seilgeführten Trasse große Vorteile im urbanen Raum bietet.

Im Folgenden sind die wichtigsten Vor- und Nachteile des Einsatzes eines Carrier-Systems für die Bewegung der Kabinen innerhalb und außerhalb einer Station zusammengefasst:

	
<ul style="list-style-type: none"> ■ Enge Kurvenradien können befahren werden ■ Umweltschonendes und geräuscharmes System durch vollständig elektrische Antriebsenergie von Seilschwebebahn und Selbstfahrersystem ■ Wechsel zwischen Seilschwebebahn und Schienenbahn erfolgt ohne Umstieg der Fahrgäste 	<ul style="list-style-type: none"> ■ Neuentwicklung des Carriers, der Schienenbahn und Anpassung der Kabinenlaufwerke ■ Sichere Kopplung zwischen Carrier und Laufwerk muss sichergestellt werden ■ Die Schienenbahn erzeugt Einschnitte und Veränderungen in bestehende urbane Räume ■ Schienenbahn ist im Vergleich zu einer seilgeführten Trasse deutlich teurer

	<ul style="list-style-type: none"> ■ Anzahl der Stützen der Schienenbahn ist tendenziell höher als bei Seilschwebebahnen
--	---

Die Beförderung der Kabinen erfolgt bei den **Oberflur-Systemen**, wie bereits beschreiben, stets an Schienen. Das bedeutet, dass für jeden Fahrweg, der nicht über Seile realisiert werden kann, eine Schienen- und Weichenkombination notwendig ist. Dadurch erhöhen sich proportional zur Fahrweglänge die Kosten und die Anzahl der Weichen proportional zur Anzahl der Verzweigungen. Sollen längere Strecken mit einer Seilbahnkabine überwunden werden, die nicht über Seile oder Schienensysteme realisiert werden können, ist das Oberflur-System meist keine geeignete Lösung. Um beispielsweise den Transfer zwischen zwei Seilbahnstationen ohne Aussteigen der Fahrgäste zu ermöglichen, müsste zwischen den beiden Stationen ein aufgeständertes Schienensystem errichtet werden. Dies wäre sehr kostenintensiv und würde oftmals eine Sichtbeeinträchtigung durch das aufgeständerte Schienensystem mit sich ziehen.

Für diesen Anwendungsfall bieten sich **bodengebundene Systeme** an. Diese bewegen sich im besten Fall auf vorhandenen Fahrwegen am Boden oder auf extra angelegten Fahrbahnen.

Die nachfolgende Skizze (Abbildung 10.4) zeigt das grundsätzliche Prinzip. Innerhalb der Seilbahnstation ist die Stationstechnik mit Schienen und Reifenförderer unverändert. Fährt eine Kabine in die Station ein, wird diese auf Stationsgeschwindigkeit verzögert und zeitgleich positioniert sich ein Fahrwerk unterhalb der Kabine. Sobald sich die Fahrgeschwindigkeiten von Kabine und Fahrwerk angeglichen haben wird die Kabine dem Fahrwerk übergeben. Sobald die Kabine sicher mit dem Fahrwerk verbunden ist, kann diese vom Laufwerk (bzw. Gehänge) getrennt werden. Anschließend fährt das autonome Fahrzeug (Fahrwerk + Kabine) auf einer Fahrbahn am Boden aus der Seilbahnstation hinaus und kann so längere Wege zwischen zwei Stationen überwinden oder auch kritische städtebauliche Stellen wie beispielsweise Kirchen oder Denkmäler umfahren, wobei die Fahrgäste dabei nicht aussteigen müssen. Sobald das autonome Fahrzeug in der gewünschten Seilbahnstation angekommen ist, erfolgt die Übergabe der Seilbahnkabine in umgekehrter Reihenfolge vom Fahrwerk zur Stationstechnik.

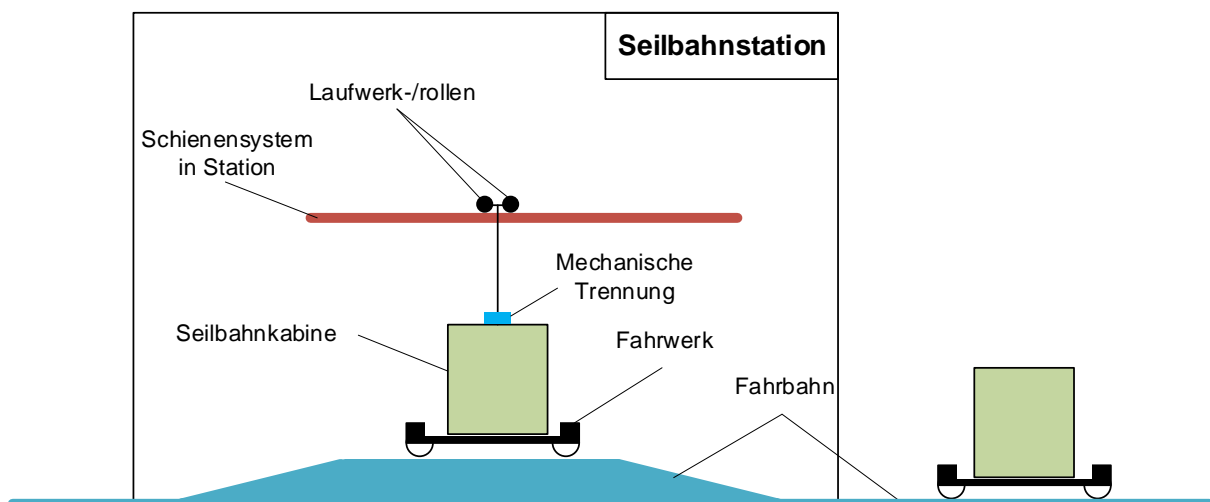


Abbildung 10.4: Funktionsprinzip eines bodengebundenen Systems

+	-
<ul style="list-style-type: none"> ▪ Verzweigungen der Streckenführung unlimitiert umzusetzen ▪ Größere Strecken sind möglich ▪ Für die Überbrückung der Strecken ist kein Schienensystem notwendig ▪ Bestehende Wege und Straßen können befahren werden ▪ Beitrag zur autonomen Seilbahnstation 	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Fahrwerk ist teuer ▪ Synchronisierung der Fahrgeschwindigkeiten muss genau erfolgen ▪ Eine sichere Übergabe von Fahrwerk zu Seilbahn und umgekehrt muss garantiert werden ▪ Änderungen der Stationstechnik erforderlich, da eigene Fahrbahn für Fahrwerk ▪ Fahrwerk ist wartungsintensiv ▪ Erhöhter Bedarf an Sensoren, erhöhte die Komplexität der Station

10.1.1.4 Ablenkstationen und Kurven

Vor allem bei der Trassenplanung im urbanen Raum muss sich die Seilbahnverbindung in die bestehende Infrastruktur einfügen. Entgegen der Trassenplanung im alpinen Raum muss im städtischen Umfeld auch oftmals die Freigabe der Grundstückseigner für Stützen eingeholt werden. Ein direktes Überfliegen von Wohnhäusern sollte vermieden werden sowie die Störung der Sichtachse auf z. B. Denkmäler, Friedhöfe und Sehenswürdigkeiten durch die Seile der Seilbahn. Daher kann es erforderlich sein, dass die Streckenführung nicht geradlinig verlaufen kann, sondern eine Ablenkung erfordert (Abbildung 10.5). Dem Vorteil der Kurvengängigkeit von Seilschwebebahnen stehen aber auch Nachteile gegenüber. So muss ein weiteres Bauwerk entlang der Trasse gebaut werden, welches zusätzliche Kosten und Wartung verursacht. Die horizontale Richtungsänderung des Seiles durch die Ablenkstation verursacht hohe Seilkräfte. Daher müssen Ablenkstationen besonders stabil gebaut werden.



Abbildung 10.5: Ablenkstation einer Einseilumlaufbahn [Lei03]

Kurvenbauwerke oder auch **Ablenkstationen** sind bereits in einigen wenigen Umlaufbahnen im alpinen wie auch im urbanen Raum zu finden, jedoch weiterhin nur wenn es die Streckenführung zwingend erfordert. **Ablenkstationen** können als reines **Streckenbauwerk** ohne die Möglichkeit eines Fahrgastwechsels ausgeführt werden oder als **Zwischenstation**, die auch einen Fahrgastwechsel ermöglicht. Unabhängig von der Art der Ablenkstation und des Typs der Umlaufbahn müssen die Kabinen innerhalb der Ablenkstation vom Seil abgekuppelt werden. Dadurch kann sichergestellt werden, dass die Förder-, Zug- und Tragseile unter den bestmöglichen Bedingungen abgelenkt werden. Die Kabinen werden durch die Stationstechnik auf Schienen und durch Reifenförderer durch die Ablenkstation geleitet.

Je nachdem ob die Ablenkstation als reines Streckenbauwerk oder als Zwischenstation ausgeführt wird, bieten sich zwei unterschiedliche Bauweisen an. Die nachfolgende Abbildung 10.6 verdeutlicht diese beiden Bauweisen. Bei einer geringen horizontalen Seilablenkung kann dies durch eine Vielzahl von Seilrollen realisiert werden. Dabei handelt es sich um eine zusammenhängende Seilschleife (Abbildung 10.6, links). Ist die horizontale Seilablenkung groß und ein Fahrgastwechsel angedacht ist eine Zwischenstation, die zwei Seilschleifen verbindet, vorzuziehen (Abbildung 10.6, rechts). Diese Bauweise ist deutlich platz- und kostenintensiver, jedoch schonender für die Seile, da diese in einer klassischen Station umgelenkt werden.

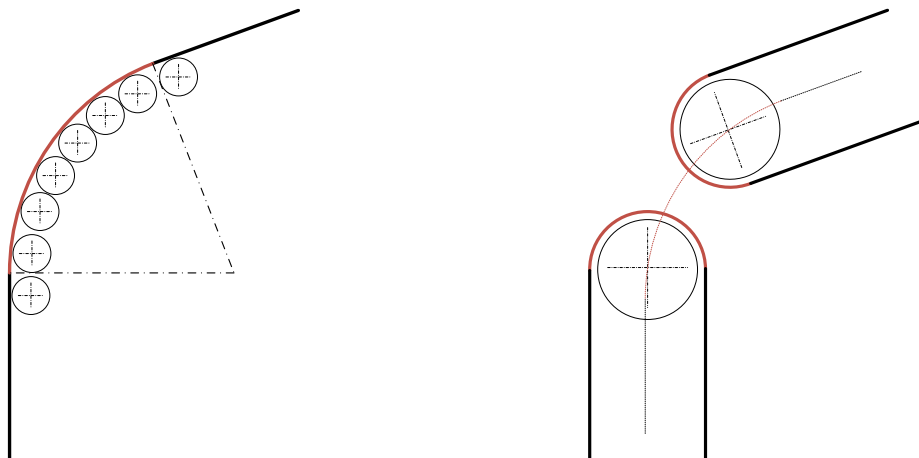


Abbildung 10.6: Bauweisen von Ablenkstationen: links mit einer Seilschleife; rechts mit zwei Seilschleifen

10.1.2 Streckenbauwerken und Maschinenelemente

Da sich die Entwicklung von Seilschwebbahnen momentan vorrangig an den Anforderungen des alpinen Raums orientiert, ist das Thema **Lärmemission** bisher wenig beachtet worden. Die Lärmemission des Antriebs ist durch die Nutzung eines Direktantriebs und durch eine Schallisolierung des Antriebsraums mit einfachen Maßnahmen zu minimieren. Die beweglichen Bauteile entlang der Seilbahntrasse sind hingegen bezüglich ihrer Lärmemission aufwändiger zu optimieren.

Wesentlicher Lärmemittent beim Betrieb einer Seilbahn sind die Stützen. Vor allem beim Überfahren der Stütze durch eine Kabine entstehen Vibrationen und Geräusche. Hier haben die Seil- und Seilbahnhersteller bereits in der Vergangenheit eine Vielzahl an Optimierungen vorgenommen:

- Einsatz von speziellen laufruhigen Seilbahnseilen. Durch Kunststoffeinlagen und die Nachbehandlungen der Seiloberfläche werden die Laufgeräusche zwischen Seil und Seilrolle reduziert.
- Vibrationen vor allem bei der Stützenüberfahrt kann zu einem sehr großen Teil bereits vom Hersteller durch geeignete Auslegung des Stützenbauwerks minimiert werden. Neben den Optimierungen an der Tragstruktur, können auch die Seilrollen einzeln aufgehängt und gelagert werden. (üblicherweise werden 2 bis 4 Stützenrollen gemeinsam mit einem Lastbolzen gelagert).
- Bei der Stützenüberfahrt werden Lärm und Vibrationen durch den Kontakt zwischen Klemme und Rollen erzeugt. Spezielle Laufwerke mit Führungsrollen laufen bei der Stützenüberfahrt auf eine Laufschiene auf und heben die Klemme und das Zugseil leicht ab. Dadurch wird der Kontakt zwischen Klemme und Seilrollen während der Stützenüberfahrt aufgehoben, wodurch die Geräuschemission deutlich reduziert wird. (Abbildung 10.7)
- Bei Einseilumlaufbahnen kann es je nach Seillinie dazu kommen, dass sogenannte Wechsellaststützen eingesetzt werden müssen. Die verbauten Wippen gleichen unterschiedliche vertikale Bewegung des Förderseils aus. Dadurch kommt es bauartbedingt zu Geräuschen. Trotz der Verwendung eines lärmoptimierten Seils und Seilrollen kommt es zu einer Geräuschentwicklung. Durch einen Wechsel des Seilbahntyps zu einer Mehrseilumlaufbahn (2S oder 3S-Bahn) ist die horizontale Bewegung des Zugseils so gering, dass keine Wechsellaststütze erforderlich ist.
- Ist jedoch eine Einseilumlaufbahn gewünscht, kann durch die geeignete Anpassung der Seillinie die Wechsellaststütze entfallen. Durch die Wahl von höheren Stützen oder steileren Seinfeldern, erhöht sich der Druck des Förderseils auf die Stütze, was wiederum die vertikalen Bewegungen des Förderseils reduziert.



Abbildung 10.7: Stützenüberfahrt mit Laufschiene und speziellem Laufwerk [Lei04]

- Da alpine Seilbahnen in der Regel nur bei Tageslicht betrieben werden, ist die Lichtemission ein bisher untergeordnetes Thema. Ab einer bestimmten Höhe der Stützen ist eine Stützenbefeuerng erforderlich. Diese kann jedoch auf Grund der geringen Lichtstärke ignoriert werden. Die Innenbeleuchtung der Kabinen kann durch entsprechende Anordnung und Auswahl der Leuchtmittel so gewählt werden, dass keine nennenswerte Lichtemission entsteht. Zusätzlich kann durch die Wahl der Scheiben weitere Lichtemissionen in die Umwelt reduziert bis zu vermieden werden. Problematischer hingegen könnten die nachts durchgeführten Wartungsarbeiten sein. Hier sind leuchtstarke Strahler notwendig. Diese könnten Anwohner wie auch die Tierwelt stören.

10.1.3 Wartung und Instandhaltung

Um das hohe **Sicherheitsniveau** einer Seilbahn stets beizubehalten ist eine vorbeugende **Wartung** sicherheits- und betriebsrelevanter Teilsysteme und Komponenten unabdingbar. Aus Erfahrungen aus dem alpinen Raum haben sich bereits umfangreiche Wartungsmaßnahmen ergeben. So wird bei einer Seilbahn zwischen täglichen, wöchentlichen, monatlichen und sonstigen wiederkehrenden Wartungs- und Inspektionsmaßnahmen unterscheiden. Diese Maßnahmen werden vorrangig vom Seilbahnhersteller auf Basis der anlagenspezifischen Randbedingungen wie Betriebsstunden, klimatische Bedingungen, Fahrgeschwindigkeit und Auslastung vorgegeben. Des Weiteren können Inspektionsmaßnahmen von der sachverständigen Stelle bzw. von der technischen Aufsichtsbehörde in Form von Betriebsauflagen erfolgen.

Herausfordernd bei urbanen Seilbahnen ist hingegen die deutlich höhere Betriebsstundenleistung gegenüber alpinen bzw. saisonal genutzten Seilbahnen. Um das Sicherheitsniveau bei urbanen Seilschwebebahnen aufrechtzuerhalten (im Vergleich zu alpinen Seilbahnen) ist der plausibelste Ansatz eine Verkürzung der Wartungsintervalle. Dies ist jedoch nicht immer umzusetzen. Sei es aus personellen, zeitlichen oder technischen Gründen. So sind die bislang täglichen Inspektions- und Wartungsmaßnahmen nur aufwändig auf kürzere Intervalle weiter zu verkürzen.

Um Wartungsmaßnahmen betriebswirtschaftlich sinnvoll durchführen zu können, müssen die sicherheits- und betriebsrelevanten Bauteile in Bezug auf deren Wartungsintervalle entsprechend der erhöhten Belastung im urbanen Raum **ausgelegt** werden. Daraus ergibt sich die Schlussfolgerung, dass Bauteile von Bergbahnen nicht 1:1 in identischer konstruktiver Ausführung in den urbanen Einsatz übernommen werden können.

Abhilfe schaffen auch **technische Überwachungseinrichtungen**, wie sie bereits bei urbanen Seilschwebebahnen in Südamerika Anwendung finden. Ein sicherheitsrelevantes Bauteil, das große Beachtung benötigt, ist das Förderseil einer Einseilumlaufbahn. Da dieses Bauteil die Kabinen in einer entsprechenden Höhe trägt, ist ein Riss unter allen Umständen zu vermeiden. In Deutschland ist jährlich eine visuelle Kontrolle und dreijährig eine magnetinduktive Seilkontrolle vorgeschrieben. Diese Intervalle stammen aber aus den Annahmen einer Seilschwebebahn, die saisonal betrieben wird. Mithilfe einer permanenten Seilüberwachung, durch ein fest in der Station installiertes magnetinduktives Seilprüfgerät, kann der Seilzustand jederzeit bestimmt werden und so das Sicherheitsniveau enorm vergrößert werden.

Neben der permanenten Seilüberwachung können auch weitere sicherheits- und betriebsrelevante Bauteile überwacht werden. Hier sind vor allem schnell beweglichen Teile wie Seilrollen, deren Lagerung, Wellen im Antriebsstrang und die Klemmen zu erwähnen. Auch Sensoren werden vollautomatisch und selbstständig auf Funktionstüchtigkeit überwacht und sind teilweise auch redundant ausgeführt.

Viele Teilsysteme und Bauteile können für planmäßige und unplanmäßige Wartungen **bevorratet** werden und innerhalb des Wartungsfensters gewartet oder getauscht werden. Selbst eine Reparatur am Antriebsmotor wäre durch eine sinnvolle modulare Bauweise in Baugruppen innerhalb der üblichen Wartungszeiträume durchführbar.

Wartungsarbeiten am Seil sind ebenfalls meist außerhalb der Betriebszeit durchzuführen. Für Spleißarbeiten am Förder- oder Zugseil ergeben sich jedoch zwei wichtige Herausforderungen.

- Komplette Spleißsanierung mit Abspannen der Seilschleife und Spleißarbeiten ist nicht immer innerhalb der üblichen Wartungsfenster durchführbar.
- Die Gesamtlänge des Spleißes einer Umlaufbahn ist in der Regel das 1200-fache des Seildurchmessers. Bei einem Förderseil einer Einseilumlaufbahn mit einem marktüblichen Seildurchmesser von 45 Millimeter ergibt sich eine Gesamtlänge des Spleißes von 54 Metern. Wenn die Station nicht lang genug ist, ist es nicht möglich die Spleißarbeiten innerhalb der Station durchzuführen. Zusätzlich zu dann vorhandener Witterungsabhängigkeit der Arbeiten wäre möglicherweise auch eine Absperrung des angrenzenden öffentlichen Raums wie Plätze oder Straßen notwendig. Die Seilhersteller arbeiten bereits daran bei gleichbleibendem Sicherheitsstandard die Gesamtlänge des Spleißes zu verkürzen.

Auch die planmäßigen Wartungs- und Inspektionsarbeiten an den Tragseilen sind innerhalb der Wartungsfenster unproblematisch. Ein **Tragseilverzug** ist nach den geltenden Richtlinien alle 6 Jahre für Umlaufbahnen und alle 12 Jahre für Pendelbahnen notwendig. Hier wird das Tragseil verschoben um die Stützeauflagebereich des Seils zu verlagern. Dieser Vorgang ist zeit- und materialaufwändig. Eine bereits umgesetzte aber nur wenig verbreitete Lösung hierfür sind rotierende Tragseilpoller. Dadurch kann der Tragseilverzug automatisch erfolgen. Die Poller der beiden Stationen drehen gleichsinnig und bewegen somit das gesamte Tragseil. Dieses Verfahren geht verhältnismäßig langsam. Es spricht jedoch nichts dagegen, den Verzugvorgang über mehrere Wartungsfenster in mehreren Schritten durchzuführen.

Besteht bei der Planung der Seilschwebbahn bereits das langfristige Ziel die Seilschwebbahn um mehrere Linien zu erweitern, sollte bei der Planung auf einen hohen Anteil an **Gleichteilen** geachtet werden. So ist die Bevorratung von Ersatzteilen deutlich vereinfacht. Es könnten grundsätzlich flächendeckend gleichartige Ersatzteile bei allen Seilschwebbahnen des Netzes verbauen werden. Eine weitere Möglichkeit für den Fall der mangelnden Verfügbarkeit spezieller Ersatzteile könnte sein, dass beim Ausfall der Hauptlinie Ersatzteile von einer niedrigfrequentierten Linie demontiert werden um so die Hauptlinie wieder schnell einsatzbereit zu machen. Dies kann sich von Kleinteilen wie Kugellager und Sensoren bis hin zu ganzen Rollenbatterien, Stations- und Stützelementen erstrecken.

Der Einsatz von **modularen Bauteilen** und **Baukastensystemen** wirkt sich positiv auf die Bauzeit und die Baukosten aus. Auch die Wartungs- und Instandhaltungsmaßnahmen während des Betriebs werden positiv beeinflusst. Beispielsweise können Stützenbauteile aus universellen Grundkörpern bestehen, aus diesen je nach Anforderungen verschiedene Konfigurationen (Anzahl der Seilrollen, Art der Lagerung der Rollenbatterie) zusammengebaut werden können.

Maßnahmen zur Reduzierung von Bauteilverschleiß: Eine Reduzierung der Fahrgeschwindigkeit schont alle Komponenten in einem Seilbahnsystem. Vergleicht man die Fahrzeiterhöhung bei einer Fahrgeschwindigkeitsreduzierung von 1 m/s und die sich daraus resultierende Reduktion des Bauteilverschleiß ist dies eine ernstzunehmende Möglichkeit. Eine temporäre Verringerung der Fahrgeschwindigkeit könnte beispielsweise bei niedrigfrequentierten Tageszeiten eine sinnvolle Möglichkeit sein, um Betriebskosten einzusparen.

Herausforderung Eisbehang: Eisbehang an den Zug- und Tragseilen ist im alpinen Raum ein bekanntes Problem. Die in der Nacht stillstehenden Seile setzen sich bei Frosttemperaturen mit

einer Eisschicht zu. Im alpinen Raum wird vor Betriebsbeginn die Seilbahn vorerst ohne Kabinen betrieben. Das eisbehangene Förder-/Zugseil wird durch die Biegung um die Stationsscheiben und den in der Station montierten Eiskratzer schnell und unproblematisch vom Eis befreit. Tragseile, werden durch das Befahren mit den Kabinen und dem am Laufwerk montierten Eiskratzer von der Eisschicht befreit. Herunterfallendes Eis kann die Kabine beschädigen, jedoch besteht keine weitere Gefahr, da unterhalb der Trasse sich keine Personen aufhalten.

Im urbanen Raum ist dies jedoch ein ernstzunehmendes Problem. Herunterfallendes Eis kann hier Personen, Fahrzeuge und Gebäude beschädigen, auch wenn sich die Seilbahn nicht direkt über bewohntem Gebiet bewegt. Folgende Ansätze sind denkbar:

- Bei **Einseilumlaufbahn** könnte die Seilschleife die ganze Nacht mit reduzierter Geschwindigkeit und ohne Kabinen betrieben werden. Somit kann sich kein Eis am Seil anheften. Nachteilig sind jedoch der hohe Energiebedarf, die Geräuschemission und die Fragestellung hinsichtlich der Überwachung durch Personal bzw. der Sicherheit, falls die Anlage ohne Personal die Nacht über betrieben werden würde.
- Bei **2S- und 3S-Bahnen** würde ebenfalls ein permanenter Betrieb mit Kabinen die Nacht über den Eisbehang der Tragseile verhindern. Dies ist jedoch energetisch und sicherheitstechnisch keine sinnvolle Option. Eine mögliche Lösung für den urbanen Raum ist, dass ein Eiskratzer vor dem Laufwerk das Eis am Tragseil entfernt und ein Abweiser das herunterfallende Eis z.B. auf das Kabinendach befördert.
- Die bei Dreiseilbahnen montierten **Seilreiter** stellen hinsichtlich Eisbehang eine weitere Herausforderung dar. An der exponierten Stelle in der Mitte eines Seilreiters kann sich schnell Eis in Form von Eiszapfen bilden. Hier muss zusätzlich mit einem Abweiser dafür gesorgt werden, dass das Eis sicher entfernt wird. Zudem ist sicherzustellen, dass bei Betriebsstart sich der Eisbehang nicht selbstständig löst und darunterliegende Flächen gefährdet.

10.1.4 Betriebsmodelle und Bauformen in der Entwicklung

10.1.4.1 UpBUS-System

Einige Nachteile einer Seilschwebebahn versucht das Aachener Unternehmen UpBUS mit ihrem gleichnamigen System zu lösen. Beim UpBUS-System handelt es sich um ein kombiniertes Fahr- und Seilschwebebahnsystem und beruht auf einem Hybridvehikel, das je nach Stadt- und Verkehrslage als autonom fahrender Elektro-Minibus (Busmodus) oder als Seilschwebebahn (Seilbahnmodus) fungiert. Der Wechsel zwischen den beiden Mobilitätsformen ist in der **Fehler! Verweisquelle konnte nicht gefunden werden.** dargestellt. In der jeweiligen Seilbahnstation fährt der Minibus ein und synchronisiert seine Geschwindigkeit mit einer am Seil montierten Seilbahnaufhängung. Sobald diese genau übereinander positioniert sind und die Geschwindigkeiten sich angeglichen haben, wird die Kabine des Minibusses und die Seilbahnaufhängung mechanisch gekoppelt. Nach erfolgreicher und sicherer Kopplung wird die Kabine von der Seilbahn angehoben und verlässt die Station als klassische Seilschwebebahn. Das Fahrwerk fährt auf die gegenüberliegende Seite um eine eintreffende Seilbahnkabine entgegenzunehmen. Dieses Verfahren kann sich entlang einer Seilbahnlinie mehrfach wiederholen, falls städtische- oder verkehrli-

che Begebenheiten eine Unterbrechung der Seilbahnverbindung erfordern. Dadurch ist es möglich Lücken entlang der Seilbahnverbindung ohne Auszusteigen zu überbrücken und somit die Attraktivität von Seilbahnverbindungen zu steigern.

Mit dem upBUS-System wird das Ziel verfolgt, die Flexibilität der Seilschwebebahn deutlich zu verbessern. Oftmals ist es nicht möglich, Seilbahnen an die relevanten Ziel- und Umsteigepunkte zu platzieren. Nach [Pro21] ist das Umsteigen ein maßgeblicher Grund dafür, dass Seilbahnen in Städten lediglich als Insellösungen gedacht werden. Aufgrund der fehlenden Synergien zwischen einem Stetigförderer (Seilbahn) und einem klassischen getakteten Verkehrsmittel (Bus) kann es dabei zum Bruch in der Beförderung kommen. Das upBus-System ermöglicht es zudem städtebaulich schwierige Situationen zu umgehen, durch Unterbrechung der Flugstrecke an den kritischen Stellen (bspw. Denkmäler, historische Bauwerke) können diese umfahren werden. Wie am Beispiel von Trier in Abbildung 10.8 dargestellt, wird die Seilbahnverbindung vor der Porta Nigra unterbrochen. Die besetzten Kabinen passieren im Busmodus die Porta Nigra, sodass keine Sichtbeeinträchtigung auf dieses historische Denkmal entsteht. Dem Busmodus schließt sich dann wieder ein Seilbahnmodus an um die Seilbahnverbindung vollständig zu schließen.

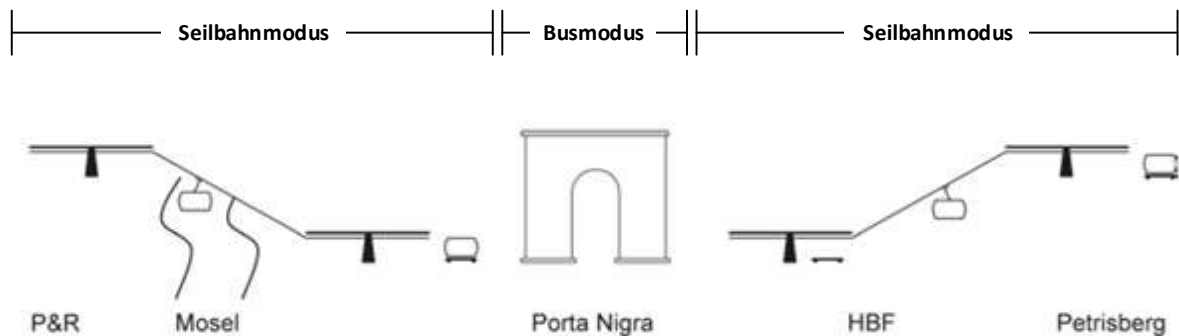




Abbildung 10.8: Unterbrechung einer Seilbahnstrecke (in Anlehnung an [Pro21])

Das upBUS-System stellt ein interessantes und innovatives Hybridsystem dar und versucht durch Kombination unterschiedlicher Verkehrssysteme die Stärken der beiden Systeme zusammenzuführen, aber insbesondere auch die Schwächen des Seilschwebebahnsystems zu reduzieren. Da die Realisierung kurzer Umstiege nicht nur für Seilschwebebahnen ein Problem darstellt, sondern je nach städtebaulichen Randbedingungen auch für U-Bahnen und Straßenbahnen teilweise sehr schwer umzusetzen sind, kann dieses System einen deutlichen Mehrwert auch gegenüber diesen Systemen generieren.

Nachfolgend werden die wichtigsten Vor- und Nachteile des upBus-Systems zusammengefasst:

	
<ul style="list-style-type: none"> ▪ Kombinierung der Vorteile des Verkehrsmittels Bus mit den Vorzügen einer Seilschwebebahn 	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Unerprobtes System in der Entwicklungsphase (Kopplung zweier neuer noch nicht erprobter und regulierter Systeme – Autonomes Fahren / Hybride Seilschwebebahn)

- | | |
|---|--|
| <ul style="list-style-type: none">■ Hohe Attraktivität für Nutzer aufgrund des fehlenden Umsteigezwangs zwischen Verkehrsmitteln■ Berücksichtigung städtebaulicher Belange möglich (Sichtachsen, Denkmalschutz etc.) | <ul style="list-style-type: none">■ Einsatz nur mit dem Einseilumlaufbahn-System (Stand: 2022) |
|---|--|

10.1.4.2 ConnX

Einen vergleichbaren Ansatz wie der upBUS ist das System ConnX des Seilbahnherstellers Leitner. Dieses System (Abbildung 10.9) basiert auf einer Seilbahn, bei der in den Stationen die Kabine auf ein autonom fahrendes Fahrzeug bzw. Fahrwerk übergeben wird, das auf einer separaten Fahrspur weiterfährt. Durch die Nutzung der Seilbahn können topographische oder bauliche Hürden überwunden werden. Durch den Wechsel auf das bodengebundene System können beispielsweise bestehende infrastrukturelle Barrieren, wie etwa Gebäude oder Denkmäler, bei denen eine durchgehende Seilbahntrasse nicht realisiert werden kann umfahren werden. Dabei ist kein Umsteigen erforderlich.





Abbildung 10.9: Hybrid-System ConnX der Firma Leitner [Lei07]

Durch den geringen Eingriff in bestehende städtische Strukturen und den Wechsel der Fortbewegungsform ohne umzusteigen erhofft sich der Hersteller die Akzeptanz von Seilbahnen als öffentliches Nachverkehrsmittel zu erhöhen und den Anwendungsbereich auch bei herausfordernden Anwendungsbereichen zu erweitern.

Durch die Kombination einer Seilbahn und eines autonom fahrenden Fahrzeugs, welches auf einer separaten Spur fährt, können beliebige Streckenverbindungen und Verzweigungen realisiert werden. Die autonom fahrenden Fahrzeuge werden entweder über integrierte Akkus mit Energie versorgt oder alternativ über Stromschienen entlang der Strecke. [Lei07]

Nachfolgend werden die wichtigsten Vor- und Nachteile des ConnX-Systems zusammengefasst:

	
<ul style="list-style-type: none"> ▪ topographische oder bauliche Hürden können mit einer Seilbahn einfacher überwinden ▪ infrastrukturelle Barrieren, wie etwa Gebäude oder Denkmäler am Boden, können umfahren werden ▪ Reduzierung der visuellen Eingriffe in das Stadtbild ▪ Verbindungen zwischen seilgeführtem und bodengebundenem System ist ohne Umsteigen der Fahrgäste realisierbar ▪ Sehr geringe Lärmentwicklung durch die Nutzung eines Direktantrieb für die Seilbahn als auch für den Antrieb der autonomen Fahrzeuge ▪ Durch den kontinuierlichen Übergang von Seilbahnsystem zu bodengebundenem System bleiben die Vorteile eines Stetigförderers erhalten 	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Aufwendiges Sicherheitskonzept für das Ein- und Auskuppeln zwischen Kabine und Fahrwerk notwendig ▪ Autonom fahrendes Fahrzeug benötigt eigene Fahrbahn ▪ Batteriebetriebene autonome Fahrzeuge haben nur eine begrenzte Reichweite (abhängig von Streckenlänge, Topologie, Umwelteinflüsse) ▪ Um die Reichweite zu erhöhen bedarf es zusätzlich Stromschienen

10.1.4.3 RopeTaxi

Das „RopeTaxi“-System der Fa. Bartholet basiert auf einer Einseilumlaufbahn, die mit autonom fahrenden Kabinen ausgestattet ist. Diese Besonderheit ermöglicht es in den Stationen weitestgehend auf Reifenförderer zu verzichten. Mittels Weichen innerhalb der Stationen können so flexible Streckenführungen und ganze Seilbahn-Netzwerke gebildet werden. Hierfür muss der Fahrgast vor dem Einsteigen in die Kabine seine Zieldestination auswählen (Abbildung 10.10). Die Personenflusszuteilung regelt den Einstieg des Fahrgasts in die richtige Kabine. Bei Zwischenstationen wird das Durchfahrgleis und der Fahrgastwechsel räumlich getrennt, wodurch die Fahrgäste ohne Umstiege bis zur Zieldestination durchfahren können.

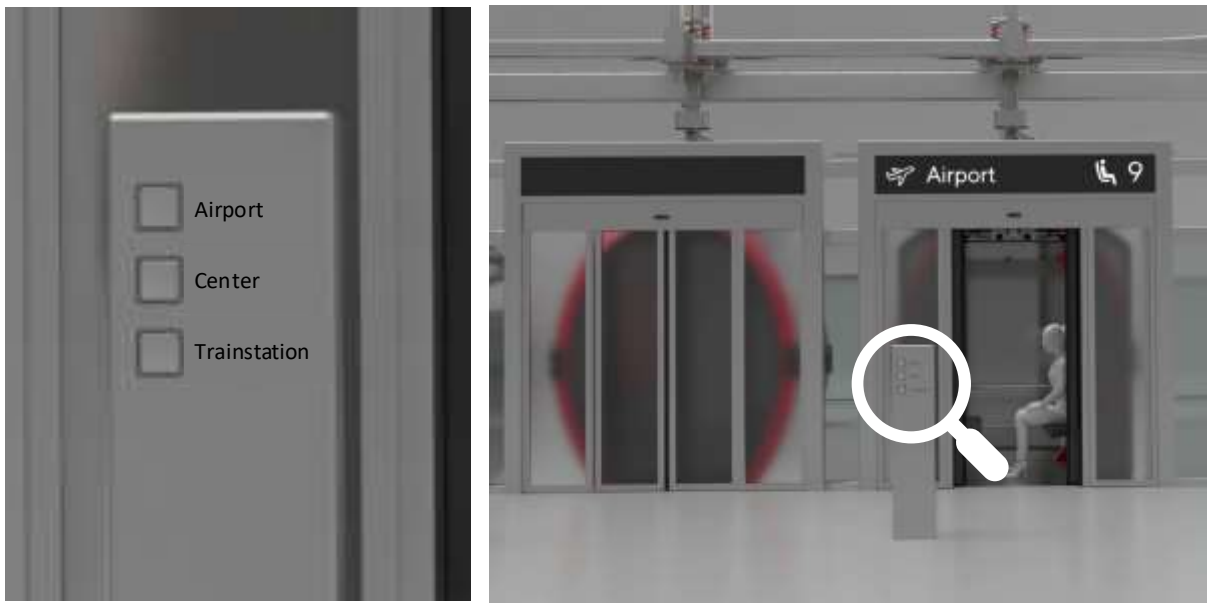




Abbildung 10.10 Destinationswahl RopeTaxi Skigebiet LAAX (in Anlehnung an [Bar21])

Auf der Strecke wird das Funktionsprinzip einer kuppelbaren Seilschwebebahn beibehalten und die Kabinen werden unverändert am Seil befördert. Auch die Beschleunigungs- und Verzögerungsstrecken in den Stationen, die mit Reifenförderer ausgestattet sind, bleiben unverändert. Durch die mit eigenem Antrieb ausgestatteten Kabinen können jedoch auf die Reifenförderer in der Stationsumfahrt und im Zustiegsbereich verzichtet werden. Dadurch kann laut Hersteller ein leiser Betrieb gewährleistet werden sowie die Menge an verbauten Komponenten bzw. den Wartungsaufwand der verbauten Komponenten reduziert werden.

Die Kabinen benötigen in der Station durch den autonomen Betrieb lediglich eine Laufschiene. Der Antrieb jeder Kabine erfolgt durch zwei redundante Elektromotoren. Die Energie hierfür liefern zwei integrierte Akkus, welche durch Rekuperation in der Beschleunigungs- und Verzögerungsstrecke gewonnen wird. In den Stationen bewegen sich die Kabinen mit 1 m/s fort. Der Ein- und Ausstieg erfolgt nicht wie üblich während der langsamen Fahrt, stattdessen halten die Kabinen. [Sur21], [Gra22], [Bar21]

Nachfolgend werden die wichtigsten Vor- und Nachteile des Ropetaxi-Systems zusammengefasst:

	
<ul style="list-style-type: none"> ▪ Erhöhung der Netzbildungsfähigkeit, ohne Umsteigen ▪ Durchfahrleis reduziert die Fahrzeit ▪ Erste Erprobung und Inbetriebnahme im Skigebiet LAAX voraussichtlich Ende 2023 (zwei Sektionen) 	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Je nach Fahrgastaufkommen pro Destination, kann es zu ungleichmäßiger Verteilung der Kabinen am Seil führen ▪ Unerprobtes System ▪ Nur Einseilumlaufbahnen (Stand 2022) ▪ Eignung für hohe Fahrgastaufkommen unklar

<ul style="list-style-type: none"> ■ Erhöhung des Besetzungsgrades der Kabinen (On-Demand Seilbahnsystem) ■ Reduzierung der Leerfahrten: Antriebsenergie, Bremsenergie, Verschleiß ■ Wegfall der Reifenförderer im Umlauf und im Zustiegsbereich erlaubt einen leisen Betrieb und reduziert den Wartungsaufwand ■ Verringerung des Energiebedarfs sowie Verschleißaufwand laut Hersteller um bis zu 50 % durch Vermeidung von Leerfahrten und damit Verringerung der Kuppelvorgänge ■ Stehende Kabinen 	<ul style="list-style-type: none"> ■ Größere Stationen notwendig, da mehrere Gleise erforderlich ■ Hohe Komplexität des Systems ■ Weichen müssen technisch aufwändig überwacht werden ■ Ungewohnt für den Passagier in der Nutzung
---	--

10.1.4.4 City Cable Car

Das Konzept des Systems City Cable Car der Firma Doppelmayr Seilbahn GmbH stellt ein kurvenfähiges Seilbahnsystem für die Stadt dar. Dabei wird eine klassische Dreiseilumlaufbahn durch eine aufgeständerte Schienenbahn und einem Selbstfahrersystem ergänzt. In den Übergabestationen werden die besetzten Seilbahnkabinen vom Seil abgekuppelt und von Selbstfahrer, sogenannte Taxis, auf das Schienensystem übernommen. Das Taxi wird mit der Stationsgeschwindigkeit der Seilbahnkabinen synchronisiert und koppelt sich dann an das Laufwerk der Seilbahnkabine. Jedes Taxi kann eine Seilbahnkabine aufnehmen und befördert diese vollständig elektrisch entlang der aufgeständerten Schienenbahn (Abbildung 10.11). Durch diese Ausführung ist es möglich auch sehr enge Kurvenradien zu realisieren. Durch den elektrischen Direktantrieb jedes Taxis kann eine umweltfreundliche und geräuscharme Alternative zu den klassischen Verkehrsmitteln im urbanen Raum geschaffen werden.

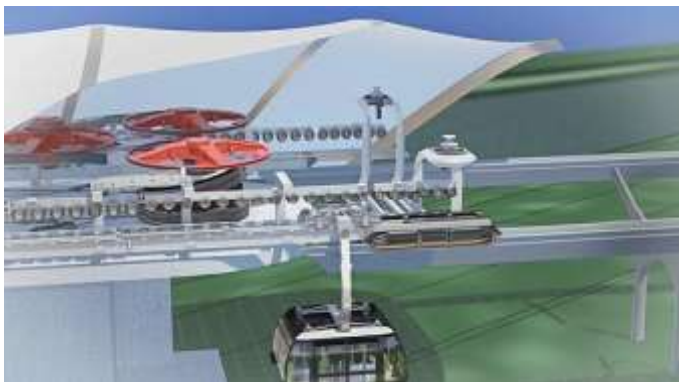




Abbildung 10.11: Konzept des City Cable Car der Firma Doppelmayr Seilbahn GmbH [Dop16]

Die Projektplanung der Wälderbahn im Vorarlberg (Österreich) sieht eine Dreiseilumlaufbahn mit einem Fassungsvermögen von 28 Personen vor. Die maximale Geschwindigkeit der Seilbahn

beträgt 8,5 m/s, die der Taxis betragen 6,5 m/s. Dadurch kann eine Förderleistung von 2.000 P/h erreicht werden. [Dop16]



Nachfolgend werden die wichtigsten Vor- und Nachteile des Konzept City Cable Car zusammengefasst:

	
<ul style="list-style-type: none"> ▪ Beliebige Höhenunterscheide während der Streckenführung können durch die Seilbahn befahren werden. ▪ Enge Kurvenradien, die beispielsweise der bestehenden Stadtstruktur geschuldet sind, können durch die Schienenbahn befahren werden. ▪ Umweltschonendes und geräuscharmes System durch vollständig elektrische Antriebsenergie von Seilbahn und Selbstfahrssystem ▪ Wechsel zwischen Seilbahn und Schienenbahn erfolgt ohne Umstieg der Fahrgäste 	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Neuentwicklung der Seilbahnkabinenlaufwerke und der neuartigen Selbstfahrssysteme (Taxis). Es muss unter allen Umständen gewährleistet werden, dass eine sichere Koppelung zwischen Taxi und Laufwerk erfolgt. ▪ Entwicklung der Schienenbahn muss erfolgen ▪ Die Schienenbahn erzeugt durch die massive Bauweise große Einschnitte und Veränderungen in bestehende urbane Räume ▪ Schienenbahn ist im Vergleich zu einer seilgeführten Trasse deutlich teurer ▪ Anzahl der Stützen der Schienenbahn ist tendenziell höher als bei Seilschwebebahnen

10.1.4.5 AURO (Autonomous Ropeway Operation)

Das System AURO der Firma Doppelmayr Seilbahn GmbH überführt den klassischen Betrieb einer Seilbahn hin zur autonomen Mobilität. Beim Betrieb einer Seilbahn ist es verpflichtend, dass an jeder Station Betriebspersonal anwesend ist um den Ein- und Ausstieg der Fahrgäste zu gewährleisten. Das System AURO kann durch den Einsatz von moderner Sensor- und Kamertechnik das Betriebspersonal an den Stationen vollständig ersetzen. Dadurch kann das System eigenständig Unregelmäßigkeiten im Betrieb und vor allem im Ein- und Ausstiegsbereich erkennen. Für die gesamtheitliche Überwachung des Seilbahnbetriebs und für die Behebung von Störungen ist lediglich eine Seilbahnfachperson erforderlich. Tritt im autonomen Betrieb eine potentielle Gefährdung der Fahrgäste auf, schaltet die Seilbahnanlage sofort ab und die Seilbahnfachperson nimmt erst nach der Behebung der Störung den autonomen Betrieb wieder auf. [Dop21]

Nachfolgend werden die wichtigsten Vor- und Nachteile des Systems AURO (Autonomous Ropeway Operation) zusammengefasst:

	
<ul style="list-style-type: none"> ▪ Das autonome Betriebskonzept kann auf mehrere Anlagen erweitert werden ohne zusätzlichem Personalbedarf ▪ Kostenreduktion durch Personaleinsparung ▪ Hoher Sicherheitsstandard ▪ Bereits zwei Seilbahnanlagen (Zermatt - CH und Silvretta Montafon - AU) sind mit ARUO in Betrieb 	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Bei Störfällen ist nicht in jeder Station Betriebspersonal in unmittelbarer Nähe, ggf. längerer Stillstand bis zur Behebung eines Problems ▪ Geringe gesellschaftliche Akzeptanz von autonomen Fahrsystemen ▪ Sensoren müssen auch bei hohem Personenaufkommen am Fahrsteig zuverlässig funktionieren. Fehlabschaltungen der Anlage reduziert die Förderleistung und die Akzeptanz der Nutzer.

Das System AURO hat bereits an zwei Standorten gezeigt, dass das autonome Betriebsmodell einer Seilschwebbahn bei vollständiger Aufrechterhaltung des Sicherheitsstandards realisiert werden kann. Im alpinen Raum kann jedoch davon ausgegangen werden, dass ein Großteil der Nutzer bereits Erfahrungen mit der Nutzung einer Seilschwebbahn haben. Im urbanen Umfeld sind Seilschwebbahnen jedoch nur äußerst selten vertreten, wodurch davon auszugehen ist, dass eine Vielzahl der Nutzer und Nutzerinnen wenig bis keine Erfahrung mit Seilschwebbahnen haben. Insbesondere der Bereich des Ein- und Ausstiegs kann potentielle Gefährdungen darstellen.

Um das subjektive Sicherheitsgefühl und die grundsätzliche Akzeptanz der Nutzer und Nutzerinnen zu erhöhen bietet es sich an die urbane Seilschwebbahn in den ersten Monaten nach der Betriebseröffnung **stufenweise** bis hin zum vollständig autonomen Betrieb zu betreiben. In der Anfangszeit sollte die Seilschwebbahn konventionell mit Stationspersonal betrieben werden. Das öffentliche Verkehrsmittel Seilschwebbahn ist für viele der Nutzer und Nutzerinnen ein neues oder gar unbekanntes Verkehrsmittel. Daher kann durch die Anwesenheit von Stationspersonal ein erhöhtes Sicherheitsgefühl bei den Fahrgästen erreicht werden und bei Unklarheiten und Fragen stehen diese für Hilfestellungen bereit. Hat sich die urbane Seilschwebbahn am Standort als öffentliches Verkehrsmittel etabliert und die Fahrgäste sind mit dem Umgang vertraut, kann in der nächsten Stufe ein hybrid-autonomes Betriebsmodell umgesetzt werden. Dabei wird die Seilschwebbahn in Schwachlastzeiten autonom ohne Stationspersonal betrieben, in den Spitzenzeiten steht jedoch Stationspersonal am Ein- und Ausstiegsbereich zur Verfügung. In der letzten Stufe unter der Voraussetzung, dass alle Vorgänge problemlos laufen und die Seilschwebbahn in allen Bevölkerungsgruppen vollwertig als ÖPNV-System akzeptiert ist, kann auf einen vollständigen autonomen Betrieb umgestellt werden.

10.1.4.6 Herstellerunabhängige Betriebskonzepte

Neben den bisher beschriebenen ganzheitlichen Ansätzen, eine Seilschwebebahn neu zu denken sollen die nachfolgenden Teilkapitel einzelne Teilsysteme der Seilschwebebahn beleuchten und Impulse für die Umsetzung in der urbanen Mobilität geben.

Um auf kurzfristig hohe Fahrgastströme zu reagieren, können die Kabinen im Ein- und Ausstiegsbereich zu einem **Pulk** zusammengefasst werden (Abbildung 10.12). Je nach Station stehen so bis zu vier Kabinen gleichzeitig am Fahrsteig, wodurch eine höhere Frequenz für den Ein- und Ausstieg realisiert werden kann. So können lange Wartezeiten reduziert bzw. verhindert werden.



Abbildung 10.12: Pulkbildung von Seilbahnkabinen [eigene Aufnahme]

Durch zahlreiche Umfragen wurde belegt, dass eine urbane Seilschwebebahn die Attraktivität und den Bekanntheitsgrad einer Stadt steigern kann. Daher bietet sich angepasste Angebote für den Tourismus an. Beispiele hierfür sind gesonderte **Sightseeing-Kabinen**, die mit Panoramaischeiben, großzügigeres Kabinenlayout sowie die Vermittlung von Wissenswertem über die Stadt, Attraktionen oder Termine in Form von Durchsagen und Displays.

Da die Kabinen einer Seilschwebebahn eine große Außenwirkung hat und zum größten Teil in Sichtweite der Bevölkerung ist, kann die Kabine innen wie außen als **Werbeträger** genutzt werden. Weiterhin ist denkbar, dass spezielle **Motto-Kabinen** eingesetzt werden. Hier können besonders lackierte oder plastisch präparierte Kabinen beispielsweise die Aufmerksamkeit von Kindern erwecken oder für die Hochzeitsfahrt zum Standsamt eingesetzt werden.

Umlauf- und Pendelbahnen mit **zwei Tragseilen (3S-Bahn)** profitieren unter anderem von großer Windstabilität, großen Seilspannfeldern und Kabinen mit großem Fassungsvermögen. Durch die großen Kabinen können hohe Förderleistungen realisiert werden, die Stationen werden jedoch auch proportional größer. Fordern die Anforderung der Topologie, der urbanen Räume und des Wetters eine Umsetzung einer 3S-Bahn, können untypischerweise auch **kleine Kabinen** eingesetzt werden. Dadurch kann die Seilschwebebahn von den Vorzügen einer 3S-Bahn profitieren und zeitgleich die Stationen kleiner gebaut werden. Durch den Einsatz von kleineren und damit leichteren Kabinen kann auch an vielen Stellen Material eingespart werden. Die Tragseile, die

Stützen sowie der Antrieb und die Bremsanlage können kleiner gebaut werden und somit erhebliche Kosten eingespart werden. Da der Bau und der Betrieb einer 3S-Bahn trotz vieler Vorteile kostenintensiv sind, muss immer projektspezifisch entschieden werden.

In der Regel werden Stationen mit **Außenbahnsteigen** umgesetzt, da diese Variation gebäudetechnisch den größten Gestaltungsspielraum zulässt. Die Stationsgebäude von Seilschwebebahnen im alpinen Raum haben in der Regel lediglich finanzielle Limits bei der Größe und Gestaltung der Stationsgebäude. Im urbanen Raum hingegen, vor allem bei der Integration einer Seilschwebebahn in eine bestehende Struktur, muss sparsam mit der bebauten Grundfläche umgegangen werden. Eine Möglichkeit die Stationsgröße zu reduzieren ist der Wechsel von einem Außenbahnsteig zu einem **Mittelbahnsteig**. Der Platzbedarf reduziert sich dadurch erheblich (Abbildung 10.13).

Natürlich ergeben sich dadurch auch Nachteile. Da sich der Bahnsteig innerhalb des Kabinenumlaufs befindet ist die Spurweite der Seilschwebebahn vorerst der bauliche limitierende Faktor. Eine Aufweitung der Station im Ein- und Ausstiegsbereich ist durch die Verbreiterung des Umlaufs bei gleichbleibender Spurweite möglich jedoch mit einer aufwändigen Spurführung der Kabinen verbunden.

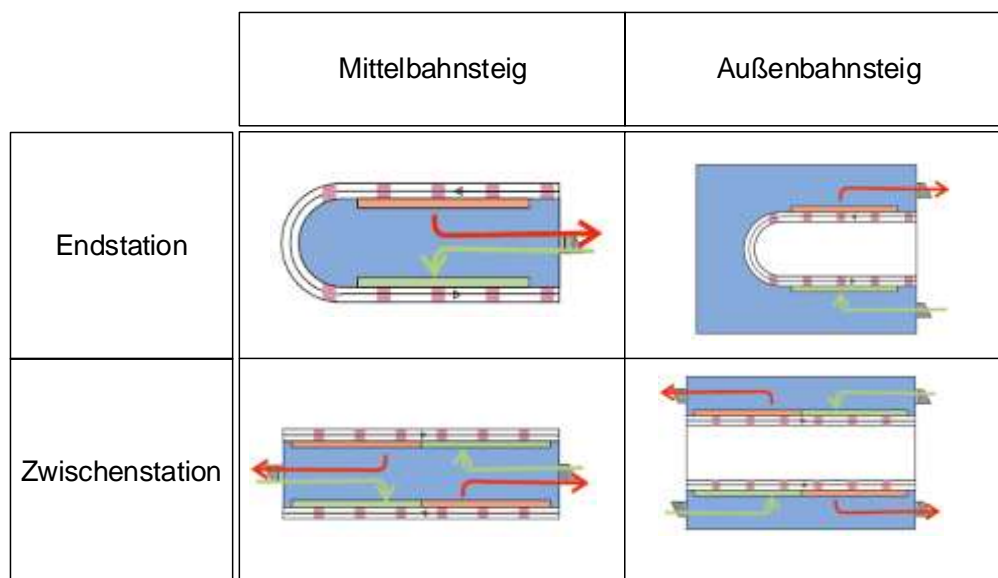


Abbildung 10.13: Gegenüberstellung des Platzbedarfs von Außen- und eines Mittelbahnsteig

10.1.5 Umgang mit wechselndem Fahrgastaufkommen

Die Planung jeder Seilschwebebahn erfolgt spezifisch entsprechend den verkehrlichen, wirtschaftlichen und städtebaulichen Anforderungen. Die maximale Förderleistung ist vor allem bei der Nutzung als öffentliches Verkehrsmittel ein wesentlicher Parameter, der in der Planungsphase besonders berücksichtigt werden muss. Bestehen in unmittelbarer Nähe zur geplanten Seilbahnstation bereits andere öffentliche Verkehrsmittel, Schulen oder Firmen kann die maximale erforderliche Förderleistung der Seilschwebebahn bestimmt werden. Sodass die Seilschwebebahn in allen Betriebsfällen möglichst wirtschaftlich betrieben werden kann, sind verschiedene Maßnahmen möglich:

10.1.5.1 Erhöhung bzw. Reduzierung der Fahrgeschwindigkeit

In Spitzenzeiten wird die Seilschwebebahn mit maximaler Fahrgeschwindigkeit betrieben, um die größtmögliche Förderleistung zu erreichen. In Zeiten mit geringem Fahrgastaufkommen, kann die Fahrgeschwindigkeit reduziert werden. Eine Reduktion der Fahrgeschwindigkeit führt zu einer längeren Fahrt und zu einer längeren Kabinenfolgezeit, was wiederum die Aufenthaltsdauer in der Station erhöht. Den Nachteilen stehen jedoch auch entscheidende Vorteile gegenüber, wie beispielsweise die Reduktion des Bauteilverschleißes, der Lärmentwicklung und der erforderlichen Energieverbräuche.

10.1.5.2 Kabinenbestückung am Seil

Ist das Fahrgastaufkommen in den Spitzenzeiten erheblich höher als in den Schwachlastzeiten kann die Anzahl der Kabinen am Seil angepasst werden. Hierbei sind jedoch die gesetzlichen Rahmenbedingungen zu beachten. Für den urbanen Einsatz bietet es sich an, zwei Konstellationen mit unterschiedlicher Anzahl der Kabinen am Seil im Zuge der Betriebserlaubnis genehmigen zu lassen. Eine vollständig beliebige Wahl der Anzahl der Kabinen am Seil ist nach aktueller Rechtslage nicht zulässig. Unter der Voraussetzung, dass das Fahrgastaufkommen planbar ist, kann vor Betriebsbeginn die maximale Anzahl der Kabinen verwendet werden. In Schwachlastzeiten kann dann im laufenden Betrieb eine festgelegte Anzahl an Kabinen herausgenommen werden. Dabei ist zwingend darauf zu achten, dass ein gleichmäßiges Herausnehmen der Kabinen erfolgt, um eine ungleichmäßige Lastverteilung entlang des Seils zu vermeiden. Das Einschleusen und Herausnehmen von Kabinen bei laufendem Betrieb setzen eine schnelle Weiche in der Station voraus.

Mit Hilfe einer schnellen Weiche (Abbildung 10.14) lassen sich bei laufendem Betrieb die Kabinen in der Station auf unterschiedliche Gleisbahnen lenken, dabei beträgt die Schaltzeit maximal zwei Sekunden. Dadurch kann beispielsweise jede zweite Kabine entnommen und durch eine entsprechende Weichenstellung zur Garagierung befördert werden. Durch die Anpassung der Förderleistung kann die Seilschwebebahn stets im optimalen Auslastungsbereich betrieben werden, wodurch Bauteilverschleiß und Energiekosten reduziert werden. [Lei07]

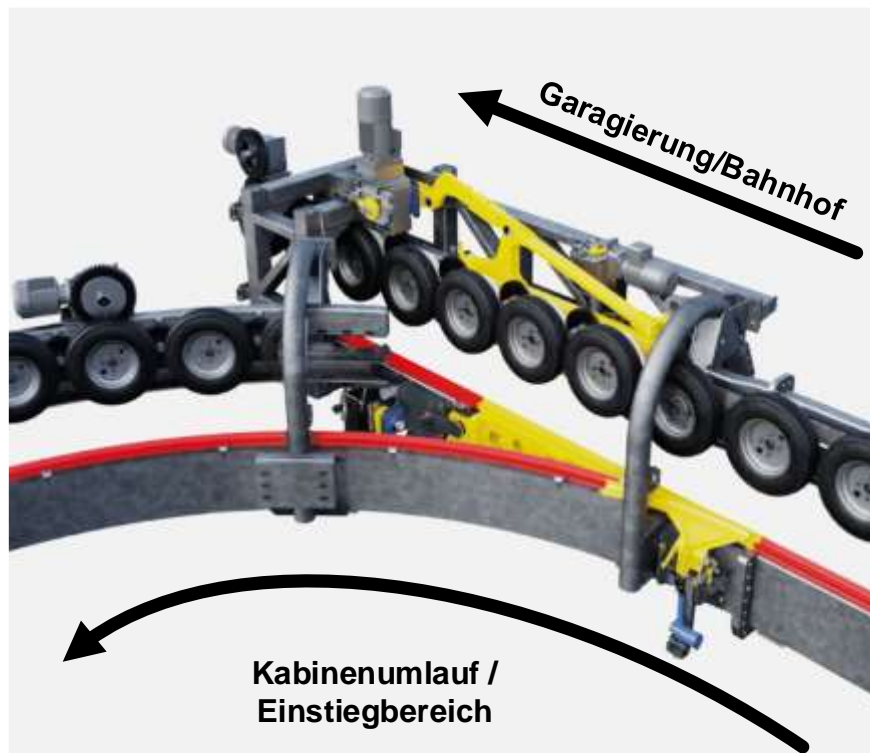


Abbildung 10.14: Schnelle Weiche, in Anlehnung an [Lei07]

10.1.5.3 Kapazitätserhöhung durch Reduktion des Fahrkomforts

Eine weitere Möglichkeit die Förderkapazität einer Seilschwebbahn zu erhöhen ist die Vergrößerung der nutzbaren Grundfläche pro Kabine. Durch das automatische Wegklappen von Sitzbänken, entstehen anstelle der ursprünglich verfügbaren Sitzplätze mehr Stehplätze. Dadurch reduziert sich der Fahrkomfort während der Fahrt, die Förderkapazität steigt hingegen und der Fahrgast hat eine kürzere Aufenthaltsdauer in der Station. Für die Umsetzung sind mehrere Faktoren zu beachten:

- Die Seilschwebbahn muss für den Vollastfall, d. h. alle Kabinen sind mit Stehplätzen voll besetzt, ausgelegt und genehmigt sein.
- Das hochklappen der Sitzbänke darf nur bei leeren Kabinen erfolgen. Dies wäre stets im Umlauf bei Start- oder Endstationen der Fall.
- Der Wechsel von Sitzplätzen zu Stehplätzen muss den Passagieren bekannt gegeben werden
- Bedarfsweise können die Sitzbänke durch das Stationspersonal zurückgeklappt werden, wenn mobilitätseingeschränkte Personen einen Sitzplatz benötigen.

10.1.6 Gefährdungen durch Brand und Wind in urbanen Räumen

Die Problematik des **Brandschutzes** ist im alpinen Raum nur im Bereich der Stationsgebäude zu beachten, da sich in der Regel keine weiteren Brandlasten unterhalb der Trasse befinden. Brandlasten innerhalb der Kabine sind auf ein Minimum zu reduzieren. Seilbahnen in städtischen Strukturen, auch wenn diese nicht direkt über Gebäude schweben sind deutlich gefährdeter, da sich eine Vielzahl an Brandlasten unterhalb der Trasse befinden könnte. Bei der Trassenplanung muss der Bereich im horizontalen Radius von 12 Meter um die Stationen und der Seile berücksichtigt werden. In der vertikalen Richtung sind die Bereiche innerhalb von 20 Meter zur Seilachse zu berücksichtigen. [DIN22]

Beim Räumen der Seilschwebebahn im Brandfall sind ggf. vorhandene Tragseile besonders gefährdet, da dieses sich im Gegensatz zum Zugseil nicht bewegt und somit punktuell der Hitze ausgesetzt ist. Bei den Löscharbeiten ist daher speziell auf eine ausreichende Kühlung der Tragseile beim Brand zu achten.

Konstruktiver Exkurs: Beim vollständigen Riss eines Tragseils auch bei leerer Bahn kommt es durch die Seilspannung und aufgrund des Seilgewichts zu einer erheblichen spontan freiwerdenden Energieentfaltung, wenn das Seil reißt und zu Boden fällt. Darunterliegende Gebäude, Straßen, Flächen und die Stützen können dabei großen Schaden nehmen. Eine Möglichkeit das Schadensausmaß zu reduzieren stellt eine optionale Klemmung des Tragseils an allen Stützen dar. Beim Riss des Tragseils in einem Spannfeld, geht nur von diesem Seilstück eine Gefahr aus.

Windsicherheit: Alpine Räume sind von Starkwinden deutlich häufiger betroffen als städtische Umgebungen. Jedoch sind auch in der Stadt starke Böen und Stürme möglich. Durch integrierte Windmesssysteme auf den Stützen und Informationen des DWD (Deutschen Wetterdienst) kann die Bahn frühzeitig leergefahren und die Kabinen in die Station bzw. in den Bahnhof gebracht werden. Auch wenn das Seil eine geringe Windangriffsfläche bietet, können Zugseilüberwürfe und Tragseilentgleisungen bei Starkwind vorkommen. Hier gibt es bei den Seilbahnherstellern bereits Systeme, die bei angekündigtem Starkwind das Tragseil auf den Stützen festklemmen und so eine Tragseilentgleisung verhindern.

10.1.7 Sicherheitsgefühl und Unfallrisiko bei Fahrgästen

Seilbahnsysteme im urbanen Raum sind ein neues Verkehrsmittel und daher bestehen bei manchen Nutzern immer wieder Sicherheitsbedenken, nicht nur in technischer Hinsicht, sondern auch hinsichtlich der Benutzung.

Gefahrenpotentiale innerhalb der Stationen können durch Umlauf der Kabinen beim Ein- und Ausstieg entstehen. Hier kann das Risiko auftreten, dass Personen von einer Kabine erfasst und zu Boden gerissen werden. Um die Gefahr zu minimieren, könnten Bahnsteigtüren verbaut werden. Jedoch besteht bei jedem Verkehrsmittel und vor allem im Bereich der Haltestellen ein erhöhtes Gefahrenrisiko. Die Wahrscheinlichkeit auf das Gleisbett zu stürzen und von einer einfahrenden S- oder U-Bahn erfasst zu werden ist gleich zu setzen wie von einer Seilbahnkabine erfasst zu werden. Jedoch ist das Schadensausmaß bei Seilbahnen erheblich geringer. Um das Verletzungsrisiko innerhalb des Ein- und Ausstiegs zu reduzieren kann der Bereich unterhalb der Kabine vergrößert werden. Das hat zur Folge, dass sich die Kabine über der Person vorbeibewegen kann, falls eine Person von einer Kabine erfasst und zu Boden gerissen wurde.

Um die **Quetschgefahr** im Bereich des Ein- und Ausstiegs zwischen den Kabinen zu reduzieren, können die Türaußenkanten der geöffneten Kabinentüren den Spalt zwischen zwei Kabinen nahezu verschließen.

Eine weitere Beunruhigungssituation stellt für manche die fehlende **Eingriffsnähe** von Personal innerhalb einer Kabine während der Fahrt dar. Im Gegensatz zu Bus, S- und U-Bahn ist während der Fahrt kein Betriebspersonal in unmittelbarer Eingriffsnähe vorhanden. Daher muss das Sicherheitsniveau mit anderen Maßnahmen gewährleistet werden. Notruf- und Gegensprechanlagen sowie Kameraüberwachung gehört heutzutage fast zum Standard im ÖPNV. Besonders schutzbedürftige Personen sollten beim Ein- und Ausstiegsbereich sowie bei der Belegung der Kabinen eine gesonderte Behandlung erfahren. Im Fall eines Übergriffs in der Kabine während der Fahrt, kann die Person jedoch der Situation nicht entkommen. Das Betriebspersonal kann die Kabine in der Station aussondern und den Täter*in der Polizei übergeben.

10.1.8 Fachliche Qualifikation zum Seilbahnbetrieb

Der Betrieb der Seilbahn kann durch ein beliebiges, qualifiziertes Unternehmen erfolgen, wenn die gesetzlichen Rahmenbedingungen und Anforderungen erfüllt sind. Dies ist durch das länderspezifische Seilbahngesetz geregelt. Da die urbane Seilschwebebahn in das ÖPNV-System integriert ist, ist es empfohlen, dass der Betrieb durch die städtischen Verkehrsbetriebe erfolgt. Durch die einzelnen Landeseseilbahngesetze werden die Mindestanforderungen der fachlichen Eignung der Betriebsleitung und deren Stellvertretung geregelt. Das Schulungs- und Weiterbildungsangebot im Bereich der Seilbahntechnik ist durch die große Anzahl an Seilschwebebahnen im alpinen Raum sehr umfangreich, wodurch ein hoher Ausbildungsstand der Betreibenden sichergestellt werden kann.

Ähnlich verhält sich es bei den zuständigen Behörden auf Länderebene. Bundesländer wie Bayern, Nordrhein-Westfalen und Baden-Württemberg haben durch die hohe Anzahl an alpinen Seilschwebebahnen bereits einen hohen Erfahrungsstand in Bezug auf Seilbahnplanung, Genehmigung und Betrieb erreicht. Dieser kann in großen Teilen in den urbanen Einsatz überführt werden. Durch länderübergreifenden Informationsaustausch (Bund-Länder-Arbeitsgruppe Seilbahn) kann bundesweit auf diesen Erfahrungen zurückgegriffen werden.

10.2 Erarbeitung neuer Konzepte

Dieses Kapitel befasst sich mit Überlegungen zu neuen Konzepten, die in der Seilbahntechnik zur Förderung eines Einsatzes im urbanen Raum beitragen können. Vorrangig werden Ansätze beschrieben, die eine Erweiterung des Nutzungskonzepts der Seilschwebebahn oder auch die Bildung von Seilbahnnetzen begünstigen.

10.2.1 Ausweitung auf Seilbahnnetze

Eine wesentliche Anforderung an urbane Seilschwebebahnen ist die weitgehende Integration in die (bestehende) ÖPNV-Struktur. Da die Seilschwebebahn gegenüber bodengebundenen Systemen wie Bus, S- und U-Bahn jedoch entscheidende Vorteile bietet, kann es vorteilhaft sein,

ganze Verkehrsnetze von Seilschwebebahnen aufzubauen. Die Verknüpfung von einzelnen Seilbahnverbindungen zu ganzen Verkehrsnetzen sollte jedoch bereits in der Planung berücksichtigt werden. In der ersten Ausbaustufe kann dennoch nur eine einzelne Seilbahnverbindung errichtet werden. Für die spätere Erweiterung sollte aber bereits in der Planung und beim Bau die entsprechenden Maßnahmen getroffen worden sein. Damit der Betrieb und die Nutzung eines Seilbahnnetzes analog zu der Benutzung klassischer ÖPNV-Systeme erfolgen möglich sind, bedarf es einiger Voraussetzungen:

- Eine Linie eines Seilbahnnetzes stellt üblicherweise eine Punkt-zu-Punkt-Verbindung, ggf. mit Zwischenstationen, dar. Dabei kann diese Verbindung aus einer einzelnen Seilschwebebahn oder aus einer Kombination mehrerer Seilschwebebahnen bestehen.
- Die Zugehörigkeit jeder Kabine zur entsprechenden Linie muss dem Fahrgast kenntlich gemacht werden. Bei Umlaufbahnen können sich, je nach Stationsausführung, mehrere Kabinen unterschiedlicher Linien im gleichen Ein- und Ausstiegsbereich der Station befinden. Durch eine farbliche Kennzeichnung, einer Nummerierung oder ein integriertes Anzeigedisplays kann diese Zuordnung dem Fahrgast eindeutig kenntlich gemacht werden. Bei Pendelbahnen genügen Hinweisschilder und Personenleitsysteme, da jeder Ein- und Ausstiegsbereich nur eine Linie bedient.
- Je nach Stationsausführung bedarf es umfangreicher technischer Ausrüstung, wie beispielsweise Schienen, Reifenförderer, Weichen, autonome Laufwerke, autonome Fahrwerke, um Kabinen der jeweiligen Fahrtrichtung zuzuführen.
- Neben der technischen Ausrüstung muss auch der Personenstrom in der Station zu allen Betriebszeiten sicher, organisiert und barrierefrei erfolgen. Hierfür müssen je nach Stationsausführung und Gebäudeanzahl Aufzüge, Fahrsteige, Treppenhäuser und Fußwege bereitstehen und in Bezug auf das Liniennetz gekennzeichnet sein.

10.2.2 Verknüpfungsstationen für Liniennetze

Seilbahnnetze bestehen aus mehreren Seilschwebebahn-Linien die an einer oder mehreren Stationen miteinander verknüpft sind. Bei der Nutzung eines Seilbahnnetzes lassen sich aus Sicht der Nutzenden zwei grundsätzliche Verbindungsvarianten unterscheiden. Je nach Ausprägung der Start-Ziel-Verbindung, können die Fahrgäste ohne umzusteigen entlang einer Linie fahren und dabei mehrere Zwischenstationen passieren (Verbindungs-Variante 1). Existiert für die gewünschte Start-Ziel-Verbindung keine direkte Linienvorbindung kann der Fahrgast diese aus einer Kombination von bestehenden Linien zusammenstellen (Verbindungs-Variante 2). Dies hat zur Folge, dass der Fahrgast an einer bestimmten Zwischenstation aussteigen und in eine andere Linie (andere Seilschwebebahn) einsteigt muss, um an seine gewünschte Zielstation zu kommen.

- **Verbindungs-Variante 1 (VV1):**
Start-Ziel-Verbindung **ohne Umstieg**. Die Zielwahl erfolgt durch die der Linie zugeordneten Kabinen oder durch eine manuelle Zielwahl beim Einstieg.
→ Feste Linien, wobei Zwischenstationen passiert werden.
- **Verbindungs-Variante 2 (VV2):**
Start-Ziel-Verbindung **mit Umstieg** in Zwischenstationen verbunden. Umstieg erfolgt

manuell zu Fuß, über Fahrsteige, Gebäudedurchführungen oder Brücken.
→ Kombination aus mehreren Linien, Umstieg in Zwischenstation(en)

Für den Umstieg des Fahrgasts können verschiedene Varianten angewendet werden:

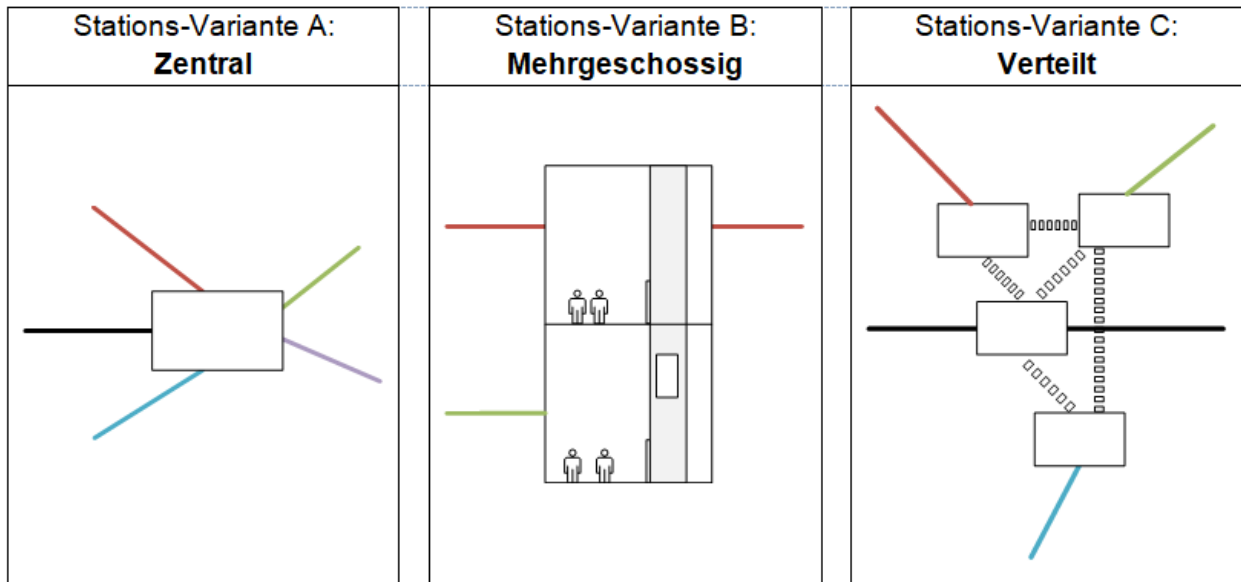


Abbildung 10.15: Übersicht möglicher Stationsvarianten

Stations-Variante A:

Bündelung der Seilbahnlinien in einem **Gebäude** mit **einem Geschoss**

- VV1: Start-Zielverbindung (feste Linie) mit Durchfahrt, kein Aussteigen bis Zielstation notwendig. Kabinen werden in Zwischenstationen durch Stationstechnik bewegt
- VV2: Umstieg in eine andere Linie. Die Fahrgäste müssen aussteigen und zu Fuß zu dem gewünschten Einstiegsbereich gehen.
- Durch die Verknüpfung der Seilbahnstrecken durch Stationstechnik wie Schienen, Weichen oder gegebenenfalls bodengebundene Systeme wird ein Seilbahnnetz aufgespannt.
- Die vier Seilbahnsysteme bilden durch die Verknüpfung mit der Stationstechnik insgesamt 6 Linien. Dabei kann innerhalb des Stationsgebäudes in alle Linien ein- und ausgestiegen werden. Für Linien die in der Station beginnen bzw. enden stehen lokale Ein- und Ausstiegsbereiche zur Verfügung. Für die beiden Hauptlinien, die diese Station als Zwischenstation nutzen steht ein zentraler Ein- und Ausstiegsbereich zur Verfügung. Die Insassen der Kabinen der Hauptlinien 1&2 passieren das Stationsgebäude (Zwischenstation) ohne auszusteigen. Die Durchfahrt der beiden Hauptlinien wird durch eine Weiche ermöglicht.

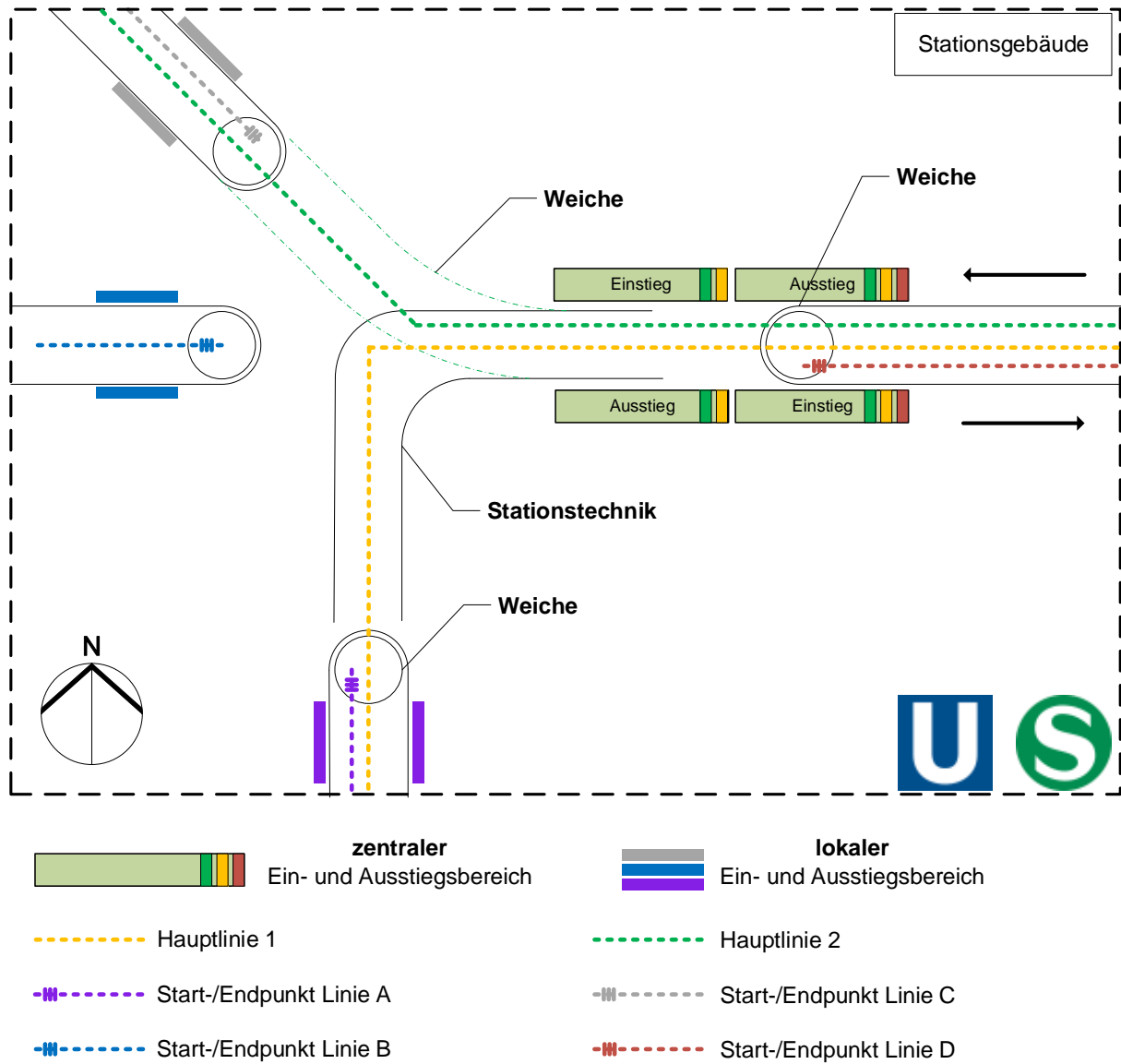


Abbildung 10.16: Zentraler Verbindungspunkt eines Seilbahnnetzes (beispielhaft)

Stations-Variante B:

Bündelung der Seilbahnlinien in **einem zentralen Gebäude mit mehreren Geschossen.**

- VV1: Start-Zielverbindung (feste Linie) mit Durchfahrt, kein Aussteigen bis Zielstation notwendig. Kabinen werden in Zwischenstationen durch Stationstechnik bewegt, im Falle eines Geschosswechsels wird die besetzte Kabine durch einen Vertikalförderer bewegt.
- VV2: Umstieg in eine andere Linie. Die Fahrgäste müssen aussteigen und gegebenenfalls das Geschoss durch die Nutzung von Aufzügen und Treppen wechseln um zu dem gewünschten Einstiegsbereich zu gelangen.

Durch die größere Anzahl an Linien und Seilbahnsystemen kann eine separate Verteilebene notwendig sein. Eine Möglichkeit die Verteilebene praktisch in den Stationsaufbau zu integrieren zeigt die Abbildung 10.17. Fahrgäste die von anderen öffentlichen Verkehrsmitteln zur Seilbahnstation kommen, treffen im Untergeschoss ein. Fahrgäste, die zu Fuß, mit dem Rad oder sonstigen Verkehrsmitteln anreisen, betreten das Stationsgebäude im Erdgeschoss. Dort werden auch weitere Angebote wie Ladengeschäfte und Dienstleistungen für die Kunden angeboten. Über Treppen, Rolltreppen und Aufzüge gelangen alle Fahrgäste in das erste Obergeschoss, in dem sich die Ein- und Ausstiegsbereiche aller Seilbahnlinien befinden. Für Kunden und Kundinnen die innerhalb der Station in eine andere Linie umsteigen, kann es notwendig sein, die Verteilebene im Erdgeschoss zu nutzen. Da durch die Vielzahl an Seilbahntechnik und Linien eine Querung der Ein- und Ausstiegsbereiche nicht immer möglich ist, müssen die Fahrgäste diese Verteilebene nutzen. Das zweite Obergeschoss des Stationsgebäudes bietet Raum für die Stationstechnik und den Antrieb der Seilbahn.

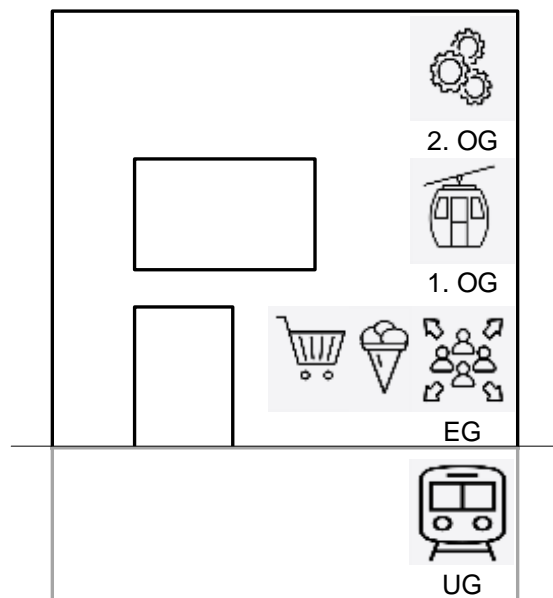




Abbildung 10.17: Beispielhafter mehrgeschossiger Stationsaufbau einer Seilschwebebahn

	
<ul style="list-style-type: none"> ▪ Ein- und Ausstiegsbereiche in einem Geschoss ▪ Personenstrom (Umstiege, Ein- und Ausstiege) kann übersichtlich und schnell geleitet werden ▪ Zentraler Ein- und Ausstiegsbereich dient für mehrere Linien. Erhöht die Übersichtlichkeit innerhalb der Station 	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Stationsgebäude sehr groß. Station verbindet vier Seilschwebebahnen, dadurch benötigt jede Seilschleife eine eigene Umlenkscheibe bzw. Antriebsscheibe. ▪ Personenleitsystem muss höchst zuverlässig durchgeführt werden, da Stationstechnik, Weichen und sich bewegende Kabinen aus mehreren Richtungen das Gefahrenpotential erhöht

Stations-Variante C:

Bündelung der Seilbahnlinien in **mehreren verteilten Gebäuden.**

- VV1: Start-Zielverbindung (feste Linie) mit Durchfahrt, kein Aussteigen bis Zielstation notwendig. Besetzte Kabinen werden durch entsprechende Fördertechnik zwischen den Stationsgebäuden bewegt.
- VV2: Umstieg in eine andere Linie. Die Fahrgäste müssen aussteigen und das Stationsgebäude wechseln. Für den Transfer der Fahrgäste zwischen den Stationen stehen Fußwege, Durchgänge, Brücken und Fahrsteige, Fahrräder und E-Roller zur Verfügung.

Das Prinzip der Stations-Variante C ist die komfortable Verknüpfung einzelner Seilbahnstationen, mit dem Ziel der Schaffung eines Seilbahnnetzes. Die nachfolgende Abbildung 10.18 zeigt die einzelnen Möglichkeiten wie die Seilbahnstationen miteinander verbunden werden können. Dabei ist die Art und Weise der Verknüpfung immer aus der Sicht des Fahrgasts zu betrachten.

Ist ein Aussteigen der Fahrgäste erforderlich (VV2), stehen dem Fahrgast eine Vielzahl von Mobilitätslösungen zur Verfügung. Für die Überwindung der Distanz zur Anschlussstation kann der Fahrgast Fußwege, Fahrsteige sowie auch lokale Leihräder und E-Scooter verwenden. Die Leihräder und E-Scooter sind für die Strecken zwischen den Stationsgebäuden kostenlos.

Ist kein Aussteigen des Fahrgasts notwendig (VV1), wird die besetzte Kabine mit einem bodengebundenen- oder einem Oberflur-System zwischen den Stationsgebäuden weiter befördert.

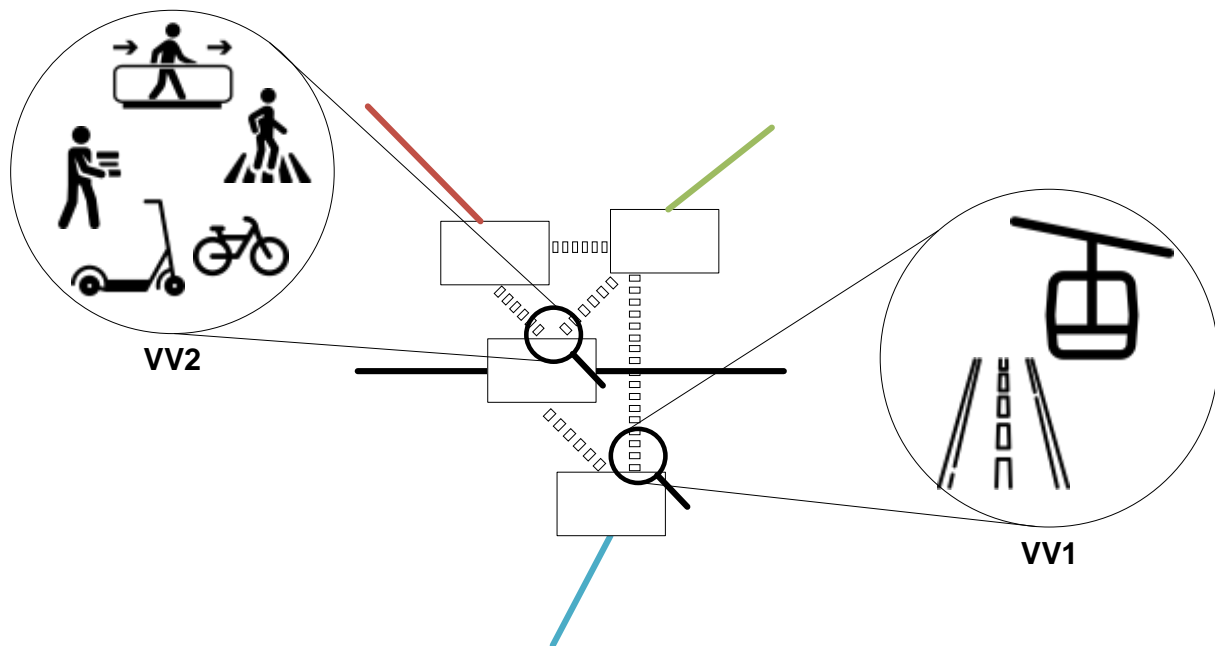


Abbildung 10.18: Möglichkeiten der Verknüpfung von Seilbahnverbindungen

10.2.3 Sonderformen der Seilführung

Dieses Teilkapitel soll hinsichtlich der Seilführung von Umlaufbahnen einige Impulse geben. In den nachfolgenden Grafiken wurde die Positionierung der Stationen und der Stationstechnik aufgrund der verbesserten Übersichtlichkeit weggelassen.

10.2.3.1 Ringverbindung

Die nachfolgende Skizze (Abbildung 10.19) zeigt eine Variante die vorrangig bei Einseilumlaufbahnen eingesetzt werden könnte. Diese Streckenführung könnte auch mit einem Mehrseilseilbahnsystem aufgebaut werden, die Streckenführung der Tragseile wäre jedoch äußerst aufwendig. Jeder Streckenabschnitt müsste einzeln durch Tragseile verbunden werden. An den Ablenkestelle müssten die Tragseile einzeln abgespannt werden.

Der Grundgedanke dieser Variante ist eine Ringverbindung von drei oder mehreren Haltestellen. Dabei werden die Kabinen durch ein Förderseil entlang der Ringverbindung bewegt. Durch eine zentrale Antriebsscheibe (ZA) wird das Förderseil bewegt, in den weiteren Stationen sind lediglich Umlenkscheiben vorhanden. Die Spanneinrichtung ist in der Antriebsstation verbaut. In allen Stationen kann ein- und ausgestiegen werden, wobei es nur eine Fahrtrichtung gibt. Die Kabinen werden innerhalb der Stationen von der Stationstechnik mit reduzierter Geschwindigkeit befördert und umgelenkt.

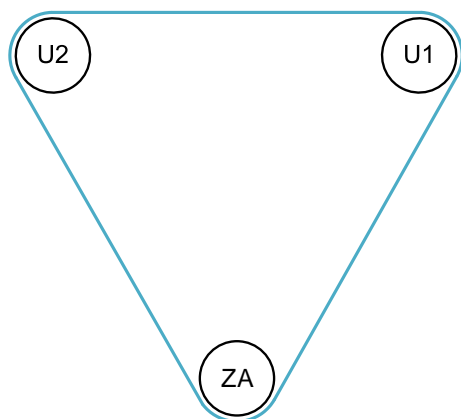


Abbildung 10.19: Ringverbindung

Unter der Voraussetzung, dass ein gleichbleibender Personenstrom gegeben ist und die Streckenlängen zwischen den Stationen eher kurz sind, können durch den Einsatz dieses Systems die Stationsgebäude deutlich kleiner dimensioniert werden. Da es nur eine gesamte Seilschleife gibt und dadurch kleine Gegenseite, benötigt auch der Ein- und Ausstiegsbereich in den Stationen deutlich weniger Fläche. Aufgrund der gleichen Tatsache können auch die Stützen kleiner dimensioniert werden.

Vergleichbare Beispiele hierfür existieren bereits vereinzelt in den Bergregionen. Wenn das Nutzungsverhalten der Kunden und Kundinnen beispielsweise keine Talfahrt mit der Seilschwebebahn fordert, kann wie am Beispiel der Bergbahnen Ladurns eine Zwischenstation (Abbildung 10.20) errichtet werden, die nur einen Einstieg in Richtung Berg ermöglicht. Die talwärts fahrenden Kabinen werden, wie in Abbildung 10.20, links zu erkennen ist, oberhalb der Zwischenstation geführt. Dadurch werden die Stationen erheblich kleiner und kostengünstiger.



Abbildung 10.20: Zwischenstation mit einseitigem Ein- und Ausstieg [Ski21]

Die wesentlichen Vor- und Nachteile dieser Variante werden nachfolgend zusammengefasst:

+	-
<ul style="list-style-type: none"> ▪ Unkompliziertes System aus Nutzersicht, da nur eine Fahrtrichtung ▪ Kostengünstig, da nur eine Antriebs- und Spanneinrichtung notwendig ▪ Fläche von Stationen und Stützen werden erheblich kleiner, da es keine „Gegenspur“ gibt. ▪ Die die Vielzahl an Stationen, ist eine Stationgaragierung leicht umsetzbar, dadurch entfällt der Bahnhof 	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Sehr langes Förderseil ▪ Ausfall der zentralen Antriebsscheibe (ZA) führt zu einem Ausfall der ganzen Ringverbindung ▪ Da nur eine Fahrtrichtung, teilweise lange Fahrzeiten ▪ Umlenkstationen (U1 & U2) müssen sehr massiv gebaut werden, da hohe Seilkräfte wirken

10.2.3.2 Stichverbindung

Die nachfolgende Skizze zeigt eine Variante wie eine Stichverbindung von einer zentralen Station aus aufgebaut werden könnte. Die Umsetzung dieser Variante bietet sich für Einseil- und auch Mehrseilanlagen an. Das hier beschriebene System besteht aus zwei Linien (rot und blau), wobei jede Linie durch eine eigene Seilschleife betrieben wird. Die Besonderheit hierbei ist jedoch, dass beide Seilschleifen von einer zentralen Antriebsscheibe angetrieben werden. Die Gegenstationen dienen als Umlenkstation, beinhalten die Spanneinrichtung und könnten weitere Anschlüsse an weiterführende Seilbahnlinien oder ÖPNV-Linien bieten.

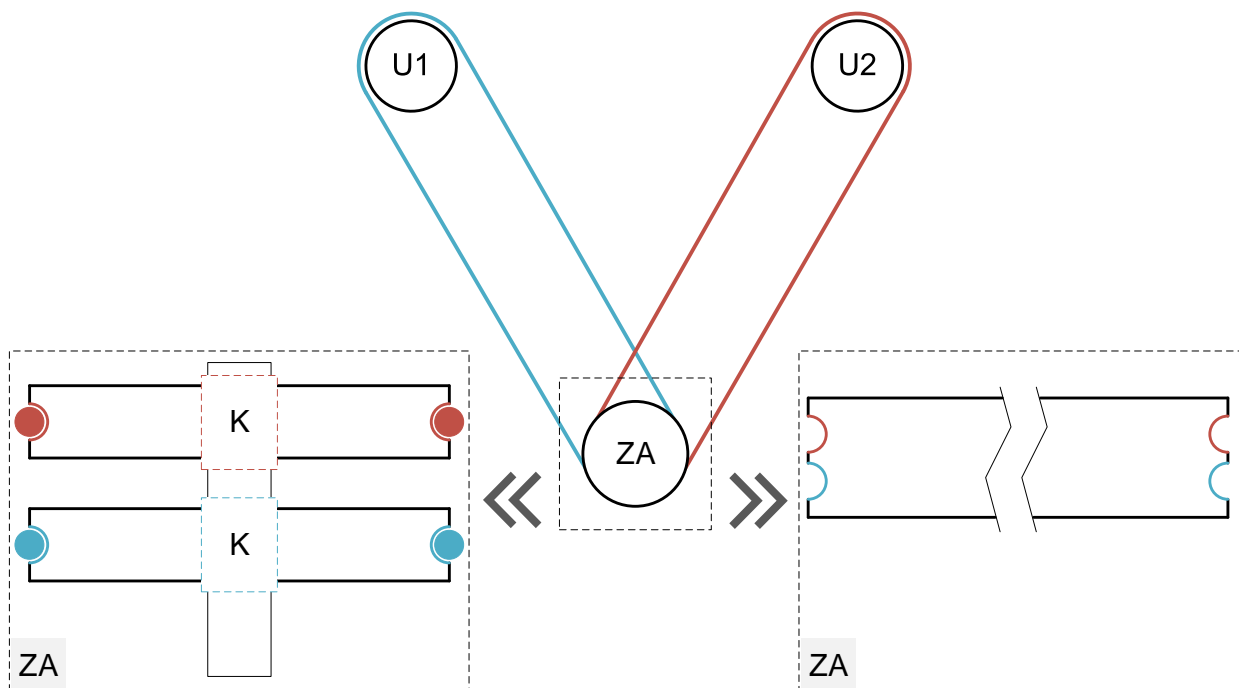


Abbildung 10.21: Ausführungsvarianten einer Stichverbindung. Links: Zentrale Antriebsscheibeneinheit (ZA) mit Kuppelung (K); Rechts: Zentrale Antriebsscheibe (ZA) mit zwei Rillen

Durch den Betrieb der Strichverbindung mit zwei einzelnen Seilschlaufen aber einer Antriebs-
scheibe muss diese eine besondere Konstruktion aufweisen. Grundsätzlich muss die Antriebs-
scheibe die Umschlingung beider Seilschleifen ermöglichen. Vor diesem Hintergrund können
zwei mögliche Ausführungsvarianten der zentralen Antriebsscheibe (ZA) eingesetzt werden, wel-
che in der Abbildung 10.21 skizziert sind:

Eine zentrale Antriebsscheibe, die auf einem Scheibenkörper zwei Seilrillen enthält. Jede der
beiden Rillen ist für den Antrieb einer Seilschleife zuständig. Dadurch werden immer beide Linien
(rot und blau) mit der gleichen Fahrgeschwindigkeit betrieben. Der Betrieb von nur einer Linie ist
in dieser Ausführungsvariante nicht möglich. Da der Scheibenkörper zwei Seilrillen enthält, muss
dieser entsprechend groß dimensioniert werden. Dies führt zu einem vergleichsweise hohen
Gewicht, das bei der Beschleunigung und Verzögerung der Seilbahn nachteilig ist. Die Bauweise
dieses Scheibenkörpers ist hingegen kostengünstiger und wartungsärmer als die nachfolgende
Ausführungsvariante.

Ein möglicher Anwendungsfall für diese Variante ist der Betrieb bei einer gleichbleibend hohen
Auslastung beider Linien. Somit ist für die Beförderung des Fahrgastaufkommens von zwei Seil-
bahnlinien lediglich eine Antriebseinheit erforderlich.

Eine zentrale Antriebsscheibeneinheit, bei der zwei einzelne Antriebsscheiben auf einer ge-
meinsamen Antriebswelle montiert sind. Beide Antriebsscheiben sind mit einer Kupplung (K) an
der Antriebswelle montiert. Durch die Kupplung können die Antriebsscheiben von der Antriebs-
welle mechanisch getrennt werden und so eine der beiden Stichverbindungen außer Betrieb set-
zen. Dadurch kann Energie eingespart und der Verschleiß reduziert werden. Jedoch ist diese
Variante durch die Anordnung der Kupplungen kostspieliger und wartungsaufwändiger. Wie auch
bei der Ringverbindung zieht eine Störung oder ein Ausfall des Antriebs eine komplette Stilllegung
aller Linien mit sich.

Die Umsetzung dieser Stichverbindung bietet sich an, wenn eine der beiden Linien eine Veran-
staltungslinie ist. So kann bedarfsgerecht die zweite Linie für die Veranstaltungstage in Betrieb
genommen werden. An allen anderen Tagen, kann diese Linie außer Betrieb gesetzt werden,
wodurch der Energieverbrauch, der Bauteilverschleiß und die Betriebskosten reduziert werden.

10.2.4 Kabinen

10.2.4.1 Transport- und Logistikkabinen

Neben der Nutzung einer Seilbahn, kann die bestehende Transportverbindung auch für den Lo-
gistik- oder Pakettransport genutzt werden. Für die Überwindung der „letzten Meile“, d.h. die Aus-
lieferung der Pakete an den Endkunden, werden in deutschen Großstädten bereits Lastenfahr-
räder mit **Containerboxen** verwendet. Die Container mit kompakten Abmessungen werden von
einem Großlager im Industrie- und Gewerbegebiet zu einem am Stadtrand ansässigen Verteildepot
gebracht und von dort aus auf die Lastenräder umgeladen. Eine Seilbahn, die das Industrie-
und Gewerbegebiet mit dem Stadtrand oder dem Stadtkern verbindet, kann somit zwei Trans-
portaufgaben erfüllen. Sie kann die Personenbeförderung zwischen Stadt- und Gewerbegebiet
gewährleisten und parallel, z.B. in Schwachlastzeiten, in speziell konfigurierten Sonderkabinen

Containerboxen vom Großlager an die Verteildepots geliefert werden. Die Anlieferung der beladenen Containerboxen sowie der Abtransport leerer Containerboxen kann durch die Nutzung einer Umlaufbahn „Just.in-Time“ erfolgen. Dadurch kann das Verteilzentrum flächenmäßig deutlich kleiner gebaut werden, da nur wenige Containerboxen gelagert werden müssen. Die Anlieferung der Containerboxen durch LKWs an die Verteilzentren, bedarf zwingend eine großflächige Lagerfläche da die LKWs eine Vielzahl an Containerboxen zeitgleich anliefern und diese für das Umladen auf die Lastenräder zwischengelagert werden müssen. Die speziell ausgerüsteten Kabinen können bedarfsgerecht ein und ausgekuppelt werden. Die bereits auf dem Markt etablierten Containerboxen der großen deutschen KEP-Dienstleister sind rollbar und somit ohne weitere Transporthilfen wie beispielsweise einem Hubwagen in die Kabine einzuladen. [Ste19])

Neben der Möglichkeit, mehrere rollbare Containerboxen in einer Seilbahnkabine zu transportieren ist auch die Möglichkeit denkbar, eine **Packstation** anstatt einer Kabine mit der Seilbahn zu befördern. Das setzt voraus, dass die Packstation mit einem Gehängearm und einer Klemme bzw. Laufwerk ausgerüstet ist. Dadurch kann die Packstation analog zu einer Personenkabine im Stationsumlauf ausgaragiert werden und über Weichen in der Seilbahnstation abgestellt werden. Während den Betriebszeiten der Seilbahn können Endkunden diese Packstation für das Versenden und Empfangen von Paketen nutzen. Kurz vor Betriebsschluss wird die Packstation wieder eingaragiert und in das Industrie- und Gewerbegebiet befördert, wo die Packstation durch einen Logistik-Dienstleister erneut befüllt wird bzw. Pakete für den Versand weiterverarbeitet werden.

Neben den Anwendungsfeldern der Logistik-Dienstleistungen, können beispielsweise auch Lebensmittel in einem **Kühlcontainer** bzw. in einer **Kühlkabine** befördert werden und in der Seilbahnstation als Lebensmittelcontainer für die Selbstbedienung abgestellt werden. Auch denkbar wäre eine speziell umgebaute Seilbahnkabine mit dieser am Abstellort beispielsweise kommunale Dienste angeboten werden könnte. Nach demselben Prinzip könnten auch Dienstleistungsgewerbe oder Büchereien ihre Angebote innerhalb einer Seilbahnstation mit hohem Besucherverkehr zur Verfügung stellen.

10.2.4.2 Nachtkabinen

Da die Nutzungsakzeptanz von öffentlichen Verkehrsmitteln in der Dunkelheit tendenziell abnimmt, kann mit dem Konzept der Nachtkabinen schutzbedürftigen Personengruppen ein erhöhtes Sicherheitsgefühl vermittelt werden. Dies kann mit gesonderten Bereichen für den Ein- und Ausstieg sowie durch die Überwachung einer Einzelbelegung der Seilbahnkabine erreicht werden.

11. Fazit

Das vorliegend dokumentierte Forschungsvorhaben hat sich zur Aufgabe gemacht, den Themenbereich der urbanen Seilschwebebahn als Teil des städtischen ÖPNV aus fachtechnischer Sicht zu analysieren und Empfehlungen auszuweisen, die Planern, Kommunen und Verwaltungen als Handreichung bei der Entscheidungsfindung eines ÖPNV-Systems dienen können.

Zeitgleich zur Projektbearbeitung wurden in Deutschland politische Überlegungen größerer und kleinerer Kommunen publiziert, Seilbahnsysteme für die lokalen Verkehrsprobleme als Lösungsansatz zu prüfen. Es hat sich in überwiegendem Maße gezeigt, dass die spezifischen Kenngrößen und Vorteile von Seilbahnsystemen häufig durch die örtlichen Rahmenbedingungen und Einschränkungen egalisiert werden. Seilschwebebahnen wurden dabei regelmäßig in Konkurrenz gesetzt zu straßengebundenen ÖPNV-Verkehrsmitteln, wie Stadtbus oder Regionalbus und unterliegen dann bei der Wirtschaftlichkeitsbetrachtung. Hochfrequente ÖPNV-Netzachsen mit den für Seilbahnen problemlos beförderbaren Fahrgastzahlen sind zumeist bereits mit leistungsfähigen Angeboten, wie Stadtbahnen oder S-/U-Bahnen bedient. Netzergänzungen im tangentialen Außenbereich oder zur Erschließung neuer Wohn-, Gewerbe- oder Hochschulbereiche bieten häufig nicht die erforderliche Verkehrsnachfrage, das zwar gegenüber Schienensystemen vergleichsweise kostengünstige, aber immer noch hochpreisige Verkehrssystem wirtschaftlich darzustellen. In der Folge konnte bei einer Vielzahl an Seilbahn-Überlegungen durch Machbarkeitsstudien und Vorplanungen eine ökonomische Sinnhaftigkeit nicht nachgewiesen werden. Und diese ist im Hinblick auf die Generierung einer Förderfähigkeit von Seilbahnen im Ringen mit etablierten ÖPNV-Systemen um begrenzte Finanzmittel formal erforderlich.

Um den Interessenten an urbanen Seilschwebebahnen einen umfassenden Überblick über technische und betriebliche Eigenschaften der unterschiedlichen Systeme zu geben, wurden in der Forschungsarbeit entsprechend detaillierte Ausführungen dargestellt und auch Vergleichsaspekte zum herkömmlichen ÖPNV dokumentiert. Neben der umfassenden Systembeschreibung war eine Zielsetzung der Arbeit die Identifizierung von Bewertungskriterien, die einen schematisierten Vergleich der unterschiedlichen Verkehrssysteme ermöglichen. Abgeleitet von Qualitätskriterien an den ÖPNV auf Basis der Fachliteratur entstand eine Zusammenstellung betrieblicher, technischer und ökologischer Merkmale, für die zu den unterschiedlichen Verkehrsträgern geeignete Kenngrößen zusammengetragen wurden. Als Auswahl- und Entscheidungshilfe eines geeigneten ÖPNV-Systems für anstehende Lösungsansätze im ÖPNV wurden die umfangreichen Kenngrößen und Merkmale der Bewertungskriterien in eine softwarebasierte Anwendung implementiert. Als Bewertungstool ist die „EhUS – Entscheidungshilfe für Urbane Seilschwebebahnen“ erarbeitet worden. Diese ermöglicht es, anhand unterschiedlich detaillierter Eingabedaten zu einem anstehenden ÖPNV-Planungsprojekt sukzessiv verfeinerte Empfehlungen eines adäquaten Verkehrssystems zu erhalten. Inwieweit die prioritäre Auswahl dann ein Seilschwebebahnsystem empfiehlt, hängt von entsprechenden Gegebenheiten ab. Sollte das System als empfehlenswert identifiziert werden, kann dieses anhand weiterer Planungsschritte einer konkreten Trassen- und Infrastrukturplanung unterzogen werden. Bieten sich vordergründig herkömmliche Verkehrssysteme an, sind i.d.R. eine Fortsetzung der Planung und der Einsatz von Finanzmitteln für Studien und Vorplanungen zu einer Seilschwebebahn verzichtbar.

Weitere Planungsschritte und insbesondere auch die rechtlichen bzw. gesetzgeberischen Rahmenbedingungen werden in der Dokumentation der Forschungsarbeit aufgeführt. Dabei sind sowohl die übergeordneten Vorgaben auf Europäischer Ebene, wie auch die nationalen Vorgaben

und bundeslandspezifischen Gesetze einbezogen, wie auch regulatorische und normative Planungsvorgaben. Für den Einsatz von Seilbahnen im urbanen Raum wird weitgehend auf Regulatorien und technische Anforderungen des (berg-)touristischen Erfahrungsumfelds zurückgegriffen. Adaptionen der „Standard“-Seilschwebbahnsysteme auf städtische Anforderungen und Bedürfnisse entwickeln sich derzeit zaghafte. Nicht zuletzt auch aufgrund noch undefinierter Marktpotentiale für urbane Seilbahnen, die in einer Risikoabwägung bei Herstellern und Betrieben resultieren.

Anforderungen aus Bevölkerungs- bzw. Nutzendensicht wurden durch eine kleine Befragung erhoben und gemeinsam mit technischen und betrieblichen Anregungen in konkrete Anpassungs- und Entwicklungsvorschläge für künftige urban-orientierte Seilbahnsysteme aufgezeigt. Die umfassende Darstellung von Optimierungsansätzen für eine Fortschreibung und Ausweitung von Seilbahnsystemen im urbanen Raum zeigt auf, dass eine unmittelbare Übertragung bestehender Bahnen aus dem touristischen Umfeld auf städtische Anwendungen nur eingeschränkt möglich ist. Diese ist zwar standardisiert und damit vergleichsweise kostengünstig möglich, die spezifischen Eigenheiten urbaner Anforderungen an städtebauliche und konstruktive Rahmenbedingungen werden aber nur sequentiell bedient.

Die Forschungsarbeit wird von den Forschungsnehmern als grundsätzlich erfolgreich angesehen. Sie kann die gesetzten Ziele weitgehend erfüllen und bietet eine umfassende Abhandlung zum Themenbereich der urbanen Seilschwebbahnsysteme als Teil des ÖPNV. Es lässt sich in Bezug auf die softwaregestützte Entscheidungshilfe EhUS erkennen, dass die Umsetzung der sehr zahlreichen Kenngrößen unterschiedlicher ÖPNV-Systeme in ein ergonomisches Anwendungs-Tool möglich ist. Die Ausarbeitung zu einem „marktfähigen“ Tool, das durch Anwender ohne spezifische Kenntnisse erfolgreich bedienbar ist, bedarf eines entsprechenden Entwicklungsaufwands, für den im Bedarfsfall eine Zusammenarbeit mit Software-Entwicklern empfehlenswert ist.

Dennoch bieten die Ausführungen und Empfehlungen zur Bewertung eines Seilschwebbahnsystems und der Randbedingungen für die Seilbahnplanung eine hinreichende Basis, auch für den breiten Anwenderkreis aus Planern, Verwaltungen und Politik als Informations- und Handlungsgrundlage zu dienen.

12. Literaturverzeichnis

- [WD22] Wissenschaftliche Dienste des Deutschen Bundestages, 2022. Kompetenzen und Verpflichtungen des Bundes für den öffentlichen Personennahverkehr (ÖPNV)
- [And08] Anderhub, G., Dorbritz, R. & Weidmann, U., 2008. Leistungsfähigkeitsbestimmung öffentlicher Verkehrssysteme. Zürich
- [Bar21] Bartholet, M. A., 2021. BARTHOLET - Technik - Ropetaxi. [Online] Available at: <https://www.bartholet.swiss/de/ropetaxi> [Zugriff am 01 02 2023].
- [Bay18] Bayerisches Staatsministerium, f. W. B. u. V., 2018. Leitfaden für die Entwicklung von Seilbahnen an urbanen Standorten, München: Bayerisches Staatsministerium für Wohnen, Bau und Verkehr.
- [BMDV22] BMDV, B. f. D. u. V., 2022. bmdv.bund.de. [Online] Available at: https://bmdv.bund.de/SharedDocs/DE/Anlage/G/leitfaden-urbane-seilbahnen-im-oeffentlichen-nahverkehr.pdf?__blob=publicationFile [Zugriff am 04 01 2023].
- [BMVI16] BMVI, 2016. Mobilitäts- und Angebotsstrategien im ländlichen Räumen, s.l.: s.n.
- [BMVI21] BMVI, 2021. Machbarkeitsstudie zum Einsatz alternativer Verkehrssysteme im spurgeführten ÖPNV. s.l.:s.n.
- [BRD22] BRD, G. f. d. B. D., 2022. Bundesministeriums der Justiz sowie des Bundesamts für Justiz. [Online] Available at: <https://www.gesetze-im-internet.de/gg/GG.pdf> [Zugriff am 04 01 2023].
- [CEN22] CEN-CENELEC, 2022. Cenelec. [Online] Available at: <https://www.cenelec.eu/> [Zugriff am 04 01 2023].
- [CoP22] City of Portland, O., 2022. City of Portland, Oregon. [Online] Available at: <https://www.portland.gov/transportation/portland-aerial-tram> [Zugriff am 11 01 2023].
- [DIN22] DIN, D. I. f. N. e., 2022. Normen und Recht. [Online] Available at: <https://www.din.de/de/ueber-normen-und-standards/normen-und-recht/rechtsverbindlichkeit-durch-normen> [Zugriff am 11 01 2023].
- [Dop16] Doppelmayr, S. G., 2016. Doppelmayr - Ein Leuchtturmprojekt für Vorarlberg. [Online] Available at: <https://newsroom.doppelmayr.com/de/doppelmayr/all/ein-leuchtturmprojekt-fuer-vorarlberg-presse/> [Zugriff am 07 02 2023].
- [Dop21] Doppelmayr, S. G., 2021. Doppelmayr Seilbahnen GmbH - AURO - Autonome Mobilität mit Seilbahnen. [Online] Available at: <https://www.doppelmayr.com/technologie/auro/> [Zugriff am 07 02 2023].
- [Dop22] Doppelmayr Seilbahnen, G., 2022. Doppelmayr Seilbahnen GmbH. [Online] Available at: <https://www.doppelmayr.com/wp-content/uploads/2022/09/Pendelbahnen-DE.pdf> [Zugriff am 02 01 2023].

- [Dop23] Doppelmayr Seilbahn, G., 2023. The Next Level of Mobility - Seilbahnen als urbane Verkehrsmittel. [Online] Available at: https://www.doppelmayr.com/wp-content/uploads/2022/09/The-Next-Level-of-Mobility_-Seilbahnen-als-urbane-Verkehrsmittel-DE-1.pdf [Zugriff am 21 03 2023].
- [DreSo19] Drees&Sommer, 2019. Wie akzeptiert sind urbane Seilbahnen in der Bevölkerung, Stuttgart: s.n.
- [ERh18] Erharter, K., 2018. Seilbahnen sind dann im Vorteil, wenn topographische Hindernisse zu überwinden sind!. PCT - public/cable/trans, 01 08, p. 32.
- [EU16] EU 2016/424, V., 2016. <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/DE/TXT/PDF/?uri=CELEX:32016R0424&from=MT>. [Online]. [Zugriff am 21 03 2023].
- [EU22] Europäische Union, 2022- Verordnungen, Richtlinien und sonstige Rechtsakte. [Online] Available at: https://european-union.europa.eu/institutions-law-budget/law/types-legislation_de
- [Fat22] FATZER, 2022. fatzer.com. [Online], Available at: <http://fatzer.com> [Zugriff am 28 12 2022].
- [FGSV01] FGSV, 2010. Empfehlungen für Planung und Betrieb des öffentlichen Personennahverkehrs. Köln: Forschungsgesellschaft für Straßen- und Verkehrswesen (Hrsg.).
- [FGSV02] FGSV, 2011. Hinweise zum rechtlichen Rahmen der Verkehrsplanung. Köln: Forschungsgesellschaft für Straßen- und Verkehrswesen (Hrsg.).
- [FGSV03] FGSV, 2011. Hinweise zum rechtlichen Rahmen der Verkehrsplanung. Köln: Forschungsgesellschaft für Straßen- und Verkehrswesen (Hrsg.).
- [FGSV04] FGSV, 2013. EAÖ - Empfehlungen für Anlagen des öffentlichen. Köln: Forschungsgesellschaft für Straßen- und Verkehrswesen (Hrsg.).
- [FGSV05] FGSV, 2017. Empfehlungen für einen verlässlichen öffentlichen Verkehr. Forschungsgesellschaft für Straßen- und Verkehrswesen (Hrsg.).
- [FIS18] FIS, 2018. Verkehrsentwicklungsplanung. [Online] Available at: <https://www.forschungsinformationssystem.de/servlet/is/414987/> [Zugriff am 18 10 2022].
- [Fol20] Follmann, P. D.-I. J., 2020. Urbane Seilbahnen – Offenheit und Mut für eine Ergänzung des ÖPNV.
- [Fre20] Frech, J., 2020. Seilbahn für Bonn. [Online] Available at: <https://www.seilbahnbonn.de/primaklima/> [Zugriff am 21 03 2023].
- [Gra22] Graser, J., 2022. SI Magazin. [Online] Available at: <https://www.simagazin.com/si-magazin/themen/seilbahn-technik/bartholet-weltneuheit-ropetaxi-in-flims-laax/> [Zugriff am 9 11 2022].
- [Grit16] Gritsch, S. W., 2016. Potentialanalyse alternativer Mobilitätsformen mit Fokus auf eine Stadtseilbahn für die Stadt Graz. s.l.:TU Graz.

- [Gün99] Günther, U.-P. D.-I. W. A., 1999. Seilbahntechnik. April 1999 Hrsg. München: TU München - Lehrstuhl
- [Kol97] Kolks, W. & Fiedler, J., 1997. Verkehrswesen in der kommunalen Praxis, Band I, Planung - Bau - Betrieb. Berlin: Erich Schmidt Verlag GmbH & Co..
- [Krä15] Krämer, F., 2015. Innovation Seilbahn - Potentiale für den urbanen Personennahverkehr und Positionen der beteiligten Akteure, s.l.: Universitätsverlag der TU Berlin.
- [Lei01] LEITNER, 2017. GD10 Seilbahn Gärten der Welt. [Online] Available at: <https://www.leitner.com/unternehmen/referenzen/detail/gd10-seilbahn-gaerten-der-welt/> [Zugriff am 30 12 2022].
- [Lei02] LEITNER, 2022. Die LEITNER Garagierung - TECHINFO -. [Online] Available at: https://www.leitner.com/fileadmin//userdaten/00-home/Ordner-Facelift/PDF_s_Logo_neu/Garagierung/Die_LEITNER_Garagierung_.pdf [Zugriff am 30 12 2022].
- [Lei03] LEITNER, 2022. leitner.com. [Online] Available at: <https://www.leitner.com> [Zugriff am 28 12 2022].
- [Lei04] Leitner, A., 2019. Leitner, AG - Das neue LEITNER 2S Laufwerk. [Online] Available at: <https://www.leitner.com/produkte/seilbahnsysteme/2s-laufwerk/> [Zugriff am 08 02 2023].
- [Lei05] LEITNER, A., 2023. ConnX®: Der perfekte Mix für nachhaltige urbane Mobilität. [Online] Available at: <https://www.leitner.com/produkte/seilbahnsysteme/connx/> [Zugriff am 03 02 2023].
- [Lei06] LEITNER, A., 2023. LEITNER Antrieb. [Online] Available at: <https://www.leitner.com/produkte/seilbahnkomponenten/detail/leitner-antrieb/> [Zugriff am 02 01 2023].
- [Lei07] LEITNER, A., 2023. LEITNER, AG - TECHINFO Die LEITNER Stationen. [Online] Available at: https://www.leitner.com/fileadmin//userdaten/00-home/Ordner-Facelift/PDF_s_Logo_neu/Compact_station/Die_LEITNER_Station_.pdf [Zugriff am 08 02 2023].
- [Mer18] Mertz, K., 2018. Wie Seilbahnen urbane Verkehrsprobleme lösen - Wenn der ÖPNV in die Luft geht. PCT - public/cable/trans, 01 08, p. 09.
- [Mon10] Monheim, H., 2010. Urbane Seilbahnen. s.l.:s.n.
- [Mon17] Monheim, H., 2017. Urbane Seilbahnen. Vortrag am 8.6.2017 in Bozen OITAF Weltkongress
- [MWAE20] MWAE, M. f. W. A. u. E., 2020. Gesetz zur Änderung der Brandenburgischen Bauordnun. [Online] , Available at: https://mwae.brandenburg.de/media_fast/4055/BbgBO_Entwurf_LT-DS_1697.pdf, [Zugriff am 05 01 2023].

- [Nej17] Nejez, J., 2017. ISR Internationale Seilbahn-Rundschau. [Online]
Available at: <https://de.isr.at/singleview/article/integrierte-raeumung>
[Zugriff am 30 12 2022].
- [Not19] noticiasmedellin, 2019. noticiasmedellin.net. [Online]
Available at: <https://noticiasmedellin.net/linea-j-del-metrocable-opera-con-normalidad/>
[Zugriff am 11 01 2023].
- [Plo23] Plomp, B., 2023. Gothenburg Cable Car with UN Studio. [Online]
Available at: <https://plo.mp/>
[Zugriff am 10 01 2023].
- [Pro21] Proff (Hg.), H., 2021. Making Connected Mobility Work. Technische und betriebswirtschaftliche Aspekte. 1st ed. 2021 Hrsg. Wiesbaden: Springer Fachmedien Wiesbaden.
- [Rei18] Reichenbach, M., 2018. Handlungsleitfaden Urbane Luftseilbahnen, Karlsruhe: KIT.
- [Rein18] Reinhardt, W., 2018. Öffentlicher Personennahverkehr - Technik - recht- und betriebswirtschaftliche Grundlagen. 2. Auflage Hrsg. Köln: Springer Vieweg.
- [Schif22] Schiffer, D. T., 2022. Baurechtschaffung von Seilbahnen ist kein Hexenwerk. Der Nahverkehr, Issue 1+2.
- [Schif22b] Schiffer, D. T., 2022b. Genehmigung von Bau und Betrieb von urbanen Seilbahnen - Ein Überblick. Essen, Cable Car World.
- [Seil17] SeilbDG, S. -, 2017. <http://www.gesetze-im-internet.de/seilbdg/>. [Online].
- [Senn23] Sennwald, 6., 2023. Frümsen (Luftseilbahn). [Online]
Available at: <https://frumsen-luftseilbahn.business.site/#summary>
[Zugriff am 28 03 2023].
- [Ski21] Skiresort Service International, G., 2021. skirestort.de - Neue 10er-Gondelbahn mit Mittelstation in Ladurns am Brenner. [Online]
Available at: <https://www.skiresort.de/skigebiet/ladurns/liftebahnen/1108081/>
[Zugriff am 01 03 2023].
- [Som20] Sommer, C., Saighani, A. & Leonhäuser, D., 2020. Ökonomische Bewertung städtischer Verkehrssysteme. Springer: s.n.
- [Ste19] Steude, D. V., 2019. Die, Stadtgestalter. [Online]
Available at: <https://die-stadtgestalter.de/2019/09/22/paketzustellung-mit-seilbahn-und-las-tenrad/#comments>
[Zugriff am 26 01 2023].
- [Tel18] Teleférico, M., 2018. Mi Teleférico. [Online]
Available at: <https://www.miteleferico.bo/>
[Zugriff am 11 01 2023].

- [Tie18] Tießler, M., 2018. Integration of an Urban Ropeway into Munich's Transit System - Demand Modelling, München: Bundeswehr University Munich.
- [Ung16] Unger, N., 2016. ISR - Internationale Seilbahn-Rundschau. [Online]
Available at: <https://de.isr.at/singleview/article/die-neue-eu-seilbahnverordnung>
[Zugriff am 15 08 2022].
- [VDS20] VDS, V. D. S. u. S. e., 2020. Verband Deutscher Seilbahnen und Schlepplifte e.V.. [Online]
Available at: <https://www.seilbahnen.de/seilbahnsysteme/>
[Zugriff am 09 01 2023].
- [VSU17] VSU GmbH, B. I. f. V. S. U., Intraplan Consult GmbH & Ingenieurbüro Sehna, 2017. Machbarkeitsstudie Seilbahn Venusberg, Bonn: s.n.
- [Wei13] Weidmann, P. D. U., 2013. Neue Verkehrssysteme für Städte im Wandel. Zürich: Institut für Verkehrsplanung und Transporty.
- [Wün21] Wünsche, M., 2021. Blogfotografie - Fotografie aus Leidenschaft. [Online]
Available at: <http://www.blogfotografie.de/mit-der-ahornbahn-zur-ahornspitze/>
[Zugriff am 11 01 2023].
- [Wüs22] WÜSTENBERG, 2022. WÜSTENBERG -Kanzlei für Wirtschafts- und Natur-Recht. [Online]
Available at: <https://www.kanzlei-wuestenberg.de/personenbefoerderungsrecht.html>
[Zugriff am 15 08 2022].