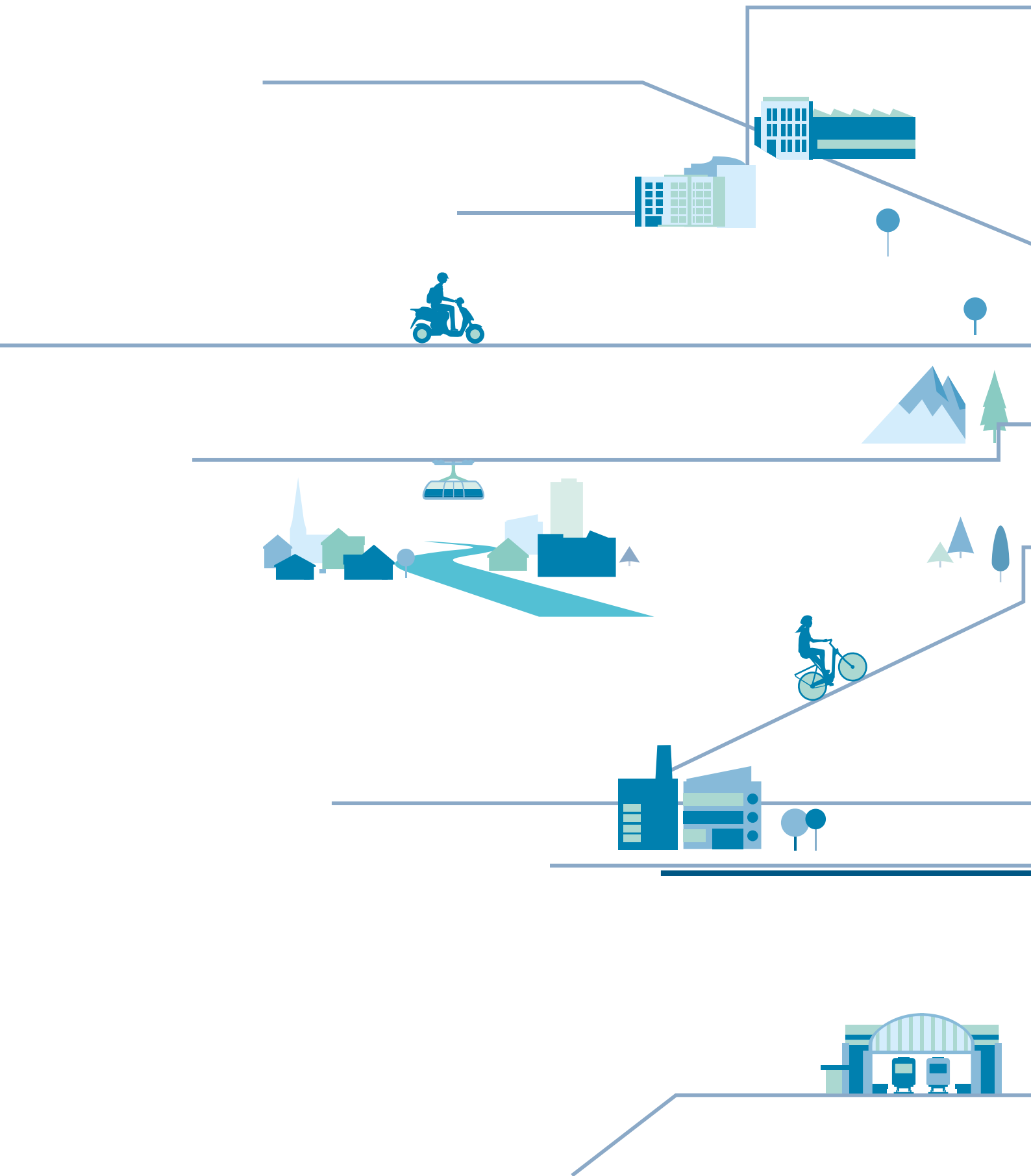


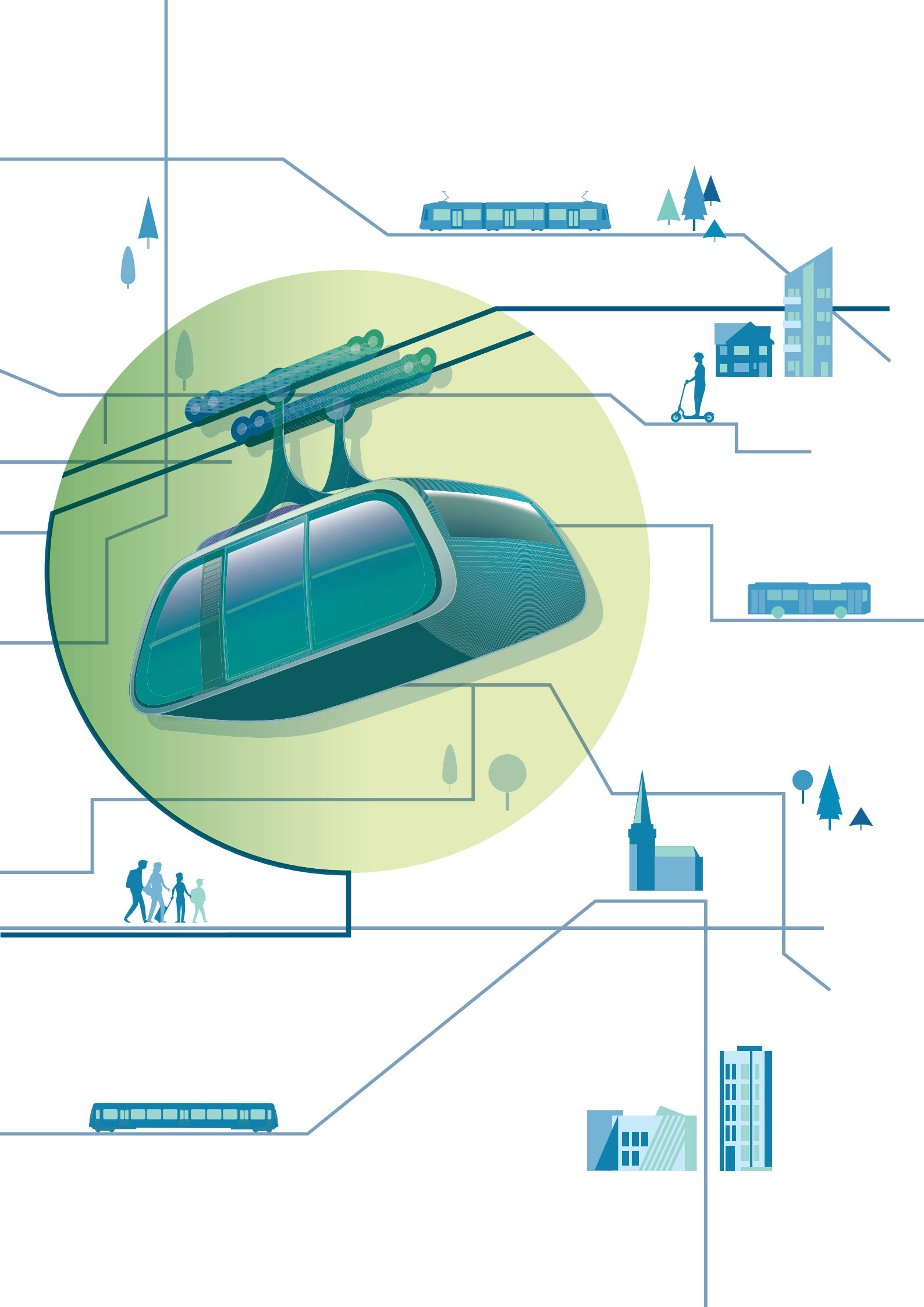
Urbane Seilbahnen im öffentlichen Nahverkehr

Handungsleitfaden für Kommunen, Verkehrs-
unternehmen und Verbünde – von der Projektidee über
Planung und Bau bis zum Betrieb



Bundesministerium
für Digitales
und Verkehr







Liebe Leserinnen und Leser,

wie oft haben Sie schon im Stau festgesteckt und sich gewünscht, über die Automassen hinwegschweben zu können? Unmöglich ist das nicht: Mit einer Seilbahn überwinden Sie fast jedes Hindernis. Unser Ziel ist, dass Sie dies im öffentlichen Nahverkehr erleben können – auf Ihrem täglichen Weg zur Arbeit oder zum Einkaufen.

Urbane Seilbahnen sind viel mehr als nur Touristenattraktionen oder Technikspielereien, sie erschließen nicht nur Skigebiete – sie können den öffentlichen Verkehr ergänzen.

Internationale Metropolen nutzen die Seilbahn bereits als zuverlässiges, stauunabhängiges Verkehrsmittel. In der bolivianischen Großstadt La Paz/El Alto zum Beispiel existiert mit zehn Linien das größte urbane Seilbahnnetz der Welt. In Europa betreiben Toulouse und London bereits erfolgreich urbane Seilbahnen. Und seit mehr als 40 Jahren läuft in New York die Roosevelt Island Schwebebahn über den East River und bietet eine großartige Aussicht auf Manhattan.

In deutschen Städten existieren – von Seilschwebbahnen in den Bergen abgesehen – bislang lediglich Seilbahnen in Berlin, Koblenz und Köln, die nicht in das öffentliche Verkehrsnetz

eingebunden sind. Das möchten wir grundsätzlich ändern. Dafür ist das BMDV bereits seit mehr als drei Jahren im engen Austausch mit Wissenschaft, Ländern und Kommunen. Der Arbeitskreis „Urbane Seilbahnen“ befasst sich intensiv mit der Integration von Seilbahnen in die urbane Mobilität.

Es freut uns sehr, dass es derzeit deutschlandweit in zahlreichen Städten Überlegungen zum Bau von urbanen Seilbahnanlagen gibt. Allerdings haben die Kommunen zur Orientierung bisher wenig Referenzen und stehen meist vor ähnlichen Herausforderungen.

Wir bieten nun Unterstützung mit dem vorliegenden Leitfaden „Urbane Seilbahnen im öffentlichen Nahverkehr“, der aus unserem Forschungsprogramm Stadtverkehr (FoPS) finanziert wurde: Kommunen finden hier konkrete Hilfestellung und übertragbare Planungsgrundlagen. Wir wollen einen nationalen Standard für urbane Seilbahnen in Deutschland schaffen, an dem sich Städte und Kommunen orientieren können. Denn Erfahrungen gibt es hierzulande bislang nur im Tourismus. Die Seilbahn ist zwar ein bewährtes Verkehrssystem, aber im öffentlichen Personennahverkehr (ÖPNV) noch ein neues Element.

Argumente für den Transport durch die Lüfte gibt es reichlich. Denn urbane Seilbahnen bieten Lösungen für umweltgerechte Mobilität und können das Verkehrsnetz sinnvoll und nachhaltig ergänzen und erweitern:

- Die Kabinen nutzen den Luftraum, am Boden sparen die Kommunen so Platz, den sie anderweitig nutzen können.
- Hindernisse wie Hügel, Flüsse oder Bahntrassen überwinden die Seilbahnkabinen einfach, schnell und emissionsarm.
- Neue Gebiete lassen sich so zügig anbinden, Lücken im ÖPNV einfach schließen und die Straßen enorm entlasten – all das ist möglich ohne umfangreiche Baumaßnahmen.
- Städte und Kommunen können klimafreundliche Mobilität mit dem Einsatz von schwebenden Kabinen einfach fördern.

Unser Wunsch ist es, urbane Seilbahnen als normales Verkehrsmittel zu etablieren. Daher unterstützt der Bund Städte und Kommunen bei Seilbahnvorhaben mit einer Förderung aus dem Gemeindeverkehrsfinanzierungsgesetz (GVFG). Wir ebnen den Weg und setzen Anreize für die

Kommunen: Die in diesem Jahr veröffentlichte neue Version (2016+) der Standardisierten Bewertung erleichtert die Darstellung der Vorteile für ÖPNV-Vorhaben erheblich. Diese Grundlage für eine anteilige Bundesförderung gilt als Nachweis der Wirtschaftlichkeit nach dem GVFG.

Gute Erfahrungen mit der Seilbahn haben zum Beispiel die Menschen in Koblenz gemacht: Zur Bundesgartenschau 2011 entstanden, sollte die dortige Seilbahn im Anschluss abgebaut werden – eine Bürgerinitiative setzte sich dann aber für den Verbleib ein. Ein Erfolg auf ganzer Linie, denn die Fahrt über den Rhein hinauf zur Festung Ehrenbreitstein ist spektakulär.

All das zeigt: Wir fördern, weil wir etwas bewegen wollen. Seilbahnen können Einzug in deutsche Städte halten. Wir sind überzeugt: Seilbahnen gehören zu einer nachhaltigen Mobilität.

Lassen Sie sich inspirieren – und schweben Sie mit uns in die Zukunft!

Dr. Volker Wissing, MdB
Bundesminister für Digitales und Verkehr

Inhalt

1 Einleitung.....	14
--------------------------	-----------

2 Aufbau und Handhabung des Handlungsleitfadens.....	18
---	-----------

3 Allgemeine Grundlagen.....	20
-------------------------------------	-----------

3.1 Einsatzgebiete und Anwendungsfelder.....	21
--	----

3.2 Seilbahnsysteme.....	24
--------------------------	----

3.3 Abgrenzung der Seilbahn zu weiteren ÖPNV-Systemen.....	26
--	----

3.4 Rechtliche Rahmenbedingungen.....	29
---------------------------------------	----

3.5 Potenziale und Herausforderungen beim Einsatz urbaner Seilbahnen.....	30
--	----

3.6 Verkehrliche und tarifliche Einbindung von Seilbahnen in ÖPNV-Netze.....	31
---	----

4 Exemplarische Realisierung eines Seilbahnprojektes.....34

4.1 Projektablauf	
(zeitlicher Ablauf, erforderliche Schritte, Meilensteine)	34
4.2 Struktur beim Vorhabenträger.....	38
4.3 Beteiligte Akteure/Auftragnehmer.....	39
4.4 Bauherr und Betreiber.....	39
4.5 Maßnahmen der Partizipation.....	40

5 Verkehr, Umwelt und städtebauliche Integration.....44

5.1 Verkehr.....	44
5.1.1 Verkehrsmodelle.....	45
5.1.2 Verkehrsnachfrage und Verkehrsangebot.....	47
5.1.3 Leistungsfähigkeit.....	49
5.2 Umwelt.....	50
5.2.1 Nachhaltigkeit.....	50
5.2.2 Einflussfaktoren der Seilbahn auf die Umwelt (Schutzgüter).....	54
5.3 Städtebauliche Integration.....	59
5.3.1 Seilbahnstationen und ihre Bedeutung für das städtebauliche Umfeld.....	59
5.3.2 Trassenführung und Umfeldwirkung des Fahrwegs.....	63

6 Technische Infrastruktur und Betrieb.....	70
6.1 Technische Infrastruktur.....	70
6.1.1 Komponenten.....	71
6.1.2 Seilbahnsysteme im Vergleich.....	73
6.1.3 Internationale Praxisbeispiele.....	83
6.1.4 Barrierefreiheit.....	92
6.1.5 Sicherheit.....	94
6.1.6 Erweiterungsoptionen.....	98
6.2 Betrieb.....	98
6.2.1 Betriebskonzept.....	98
6.2.2 Organisation und Managementsystem.....	99
6.2.3 Organisatorischer Aufbau und Betriebsplan.....	100
6.2.4 Wartung und Instandhaltung.....	103
6.2.5 Schulungen und Überprüfungen.....	105
6.2.6 Sicherheit und Dokumentation.....	107
6.2.7 Total Cost of Ownership.....	109

7 Bewertung, Investitionen und Förderung.....	112
7.1 Verfahren der Standardisierten Bewertung.....	112
7.2 Inhalte einer Seilbahn-Bewertung.....	113
7.2.1 Ermittlung der Investitionen.....	114
7.2.2 Ermittlung der Betriebskosten.....	114
7.3 Finanzierung der Infrastruktur / Förderung nach dem GVFG.....	115
8 Ausblick und Innovationen.....	116
Abkürzungsverzeichnis.....	118
Nachweis von Gesetzestexten und Rechtsverordnungen.....	119
Verzeichnis DIN-EN-Normen – betreffend Sicherheits- anforderungen an Seilbahnen für die Personenbeförderung.....	120
Mitwirkung.....	121
Impressum.....	122

Abbildungsverzeichnis:

Abbildung 1: Seilbahnprojekte in Deutschland.....	15
Abbildung 2: Anwendungsfelder urbaner Seilbahnen.....	21
Abbildung 3: Anwendungsfall „Überbrücken“	22
Abbildung 4: Anwendungsfall „Verlängern“	22
Abbildung 5: Anwendungsfall „Entlasten“	22
Abbildung 6: Anwendungsfall „Lücken schließen“	23
Abbildung 7: Anwendungsfall „Verbinden“	23
Abbildung 8: Anwendungsfall „Verkehrsnetze schaffen“	23
Abbildung 9: Übersicht seilgezogener Systeme.....	24
Abbildung 10: Funktionsprinzip Seilschwebbahnen.....	25
Abbildung 11: Vergleich von Linienlängen und Förderkapazitäten verschiedener ÖPNV-Systeme.....	28
Abbildung 12: Exemplarischer Projektablauf.....	35
Abbildung 13: Einseilumlaufbahn (EUB).....	74
Abbildung 14: Zweiseilumlaufbahn (2S).....	76
Abbildung 15: Dreiseilumlaufbahn (3S).....	78
Abbildung 16: Pendelbahn.....	80

Tabellenverzeichnis:

Tabelle 1: Projektbeispiel Téléphérique de Brest.....	85
Tabelle 2: Projektbeispiel Rittner Seilbahn Bozen.....	87
Tabelle 3: Projektbeispiel Téléphérique Urbain Sud Toulouse.....	89
Tabelle 4: Projektbeispiel Mi Teleférico La Paz.....	91
Tabelle 5: Vergleich betrieblicher Parameter im alpinen und urbanen Raum.....	104

Exkursverzeichnis:

Exkurs 1: Definition urbane Seilbahn.....	15
Exkurs 2: Autonomer Betrieb.....	40
Exkurs 3: Best-Practice-Beispiel (Öffentlichkeitsbeteiligung mit den „Überfliegerstädten“)..	42
Exkurs 4: Verkehrssystembonus in der Verkehrsmodellierung.....	46
Exkurs 5: Betriebskostenoptimierung durch Anpassung des Verkehrsangebots im Tagesverlauf.....	48
Exkurs 6: Gesundheit und Wohlbefinden – Health and Wellbeing	53
Exkurs 7: Privatsphäre beim Überflug von Wohngrundstücken – Smart Glas.....	55
Exkurs 8: Umweltauswirkungen.....	58
Exkurs 9: Stationsgestaltung am Beispiel Portland.....	61
Exkurs 10: Technische Auslegung der Seilbahntrasse in Abhängigkeit von der gewählten Seilbahntechnologie....	64
Exkurs 11: Kurvengängigkeit von Seilbahnen.....	66
Exkurs 12: Technische Norm versus Umsetzung.....	83
Exkurs 13: Fahrgastwechsel.....	93
Exkurs 14: Sicherheitsanalyse.....	95



Einseilumlaufbahn „Mi Teleférico“ in La Paz (Bolivien)

1 Einleitung

Dieser Leitfaden dient als Orientierungshilfe: von der Projektidee über die Planung und den Bau bis hin zum Betrieb von Seilbahnsystemen im öffentlichen Personennahverkehr (ÖPNV) in deutschen Städten und Kommunen. Die Themenfelder, welche vor und während der Projektrealisierung beachtet werden müssen, sind hierin aufgeführt.

Der nachhaltige Ausbau des ÖPNV und dessen bestmögliche Integration in den urbanen Raum ist ein wichtiges gesellschaftliches Ziel. Hierbei ist grundsätzlich erst einmal jedes Verkehrsmittel in die Betrachtung miteinzubeziehen. Somit ist neben den konventionellen Verkehrsmitteln im ÖPNV auch die urbane Seilbahn eine potenzielle Lösungsmöglichkeit, um auf verkehrlichen Bedarf zu reagieren. Die Finanzierung der Verkehrsinfrastruktur ist in Deutschland eine Aufgabe der verschiedenen staatlichen Ebenen. Dies gilt für Straßen wie für den öffentlichen Verkehr. Die Investitionen in urbane Seilbahnen als Teil des öffentlichen Verkehrs werden daher zukünftig ebenfalls maßgeblich durch die öffentliche Hand zu finanzieren sein.

Seilschwebbahnen sind ein seit vielen Jahren eingesetztes und bewährtes Transportmittel, das zunächst für den Materialtransport, später auch für den Personentransport – insbesondere im alpinen Raum – genutzt wurde. Einige Vorteile von Seilschwebbahnen liegen auf der Hand: Seilbahnen können als direkte Punkt-zu-Punkt-Verbindung in der +1-Ebene Hindernisse und Höhenunterschiede auf direktem Wege überwinden und sind durch ihren eigenen Fahrweg weitestgehend unabhängig von äußeren Einflüssen. Zudem beschränkt sich ihr Flächenbedarf am Boden auf die Stationsgebäude und Stützen. Darüber hinaus bieten Seilschwebbahnen weitere Vorteile gegenüber anderen Verkehrssystemen, die in anderen Ländern – insbesondere in Südamerika – dazu geführt haben, dass Seilbahnen auch als ÖPNV-Verkehrsmittel im urbanen Raum genutzt werden.



Exkurs 1: Definition urbane Seilbahn

Urbane Seilbahnen im Sinne dieses Leitfadens sind Seilschwebbahnen, die im urbanen Umfeld verkehren und das öffentliche Nahverkehrssystem dauerhaft ergänzen. Sie dienen hauptsächlich dem Personentransport und sind sowohl verkehrlich als auch tariflich in den örtlichen ÖPNV integriert.

In Deutschland sind Seilschwebbahnen vor allem als alpine Anwendung bekannt. Darüber hinaus haben Seilschwebbahnen vereinzelt als touristische Lösungen im Rahmen von Gartenschauen oder vergleichbaren Veranstaltungen Einzug in ein urbanes Umfeld genommen. Um von einer urbanen Seilbahn zu sprechen, müssten diese Bahnen jedoch Teil des ÖPNV und auch tariflich in diesen integriert sein. Dies

ist bislang bei keiner Seilschwebbahn in Deutschland der Fall. Die Erfolge urbaner Seilbahnen in anderen Ländern haben jedoch dazu geführt, dass urbane Seilbahnen auch in Deutschland verstärkt in den Fokus der Verkehrsplanung gerückt sind. Im Rahmen einer Recherche konnten über 100 Projektideen in Deutschland ermittelt werden (vgl. Abbildung 1). Diese Ideen verteilen sich über das gesamte Bundesgebiet. Viele dieser Ideen waren nur kurz in der Diskussion, andere wurden in Studien tiefer gehend betrachtet. Wegen der dynamischen Entwicklung der einzelnen Projekte wird an dieser Stelle lediglich das Seilbahnprojekt in Bonn konkret namentlich benannt, da dieses mit einer positiv abgeschlossenen Standardisierten Bewertung am weitesten vorangeschritten ist (Stand: Oktober 2022). Auch einige andere Projektideen werden derzeit noch weiterverfolgt. Umgesetzt wurde bislang jedoch noch keine urbane Seilbahn in Deutschland. Die Gründe hierfür sind vielfältig.

Abbildung 1:
Seilbahnprojekte in Deutschland



Auch wenn es an Ideen nicht mangelt, besteht bei der Umsetzung urbaner Seilbahnprojekte in Deutschland noch Nachhol- und Informationsbedarf. Daher hat das Bundesministerium für Digitales und Verkehr (BMDV) das Stuttgarter Planungs- und Beratungsunternehmen Drees & Sommer SE gemeinsam mit dem Verkehrswissenschaftlichen Institut Stuttgart GmbH (VWI) im Rahmen des Forschungsprogramms Stadtverkehr (FoPS) beauftragt, eine Studie über die „stadt- und verkehrsplanerische Integration urbaner Seilbahnprojekte“ zu erarbeiten. Ergebnis ist dieser Leitfaden für die Realisierung von Seilbahnen als Bestandteil des öffentlichen Personennahverkehrs (ÖPNV). Im Rahmen der Studie wurden internationale Beispiele urbaner Seilbahnen betrachtet, Interviews mit Expertinnen und Experten im Seilbahnbereich geführt, Planungen in Deutschland näher beleuchtet und Workshops mit Stadtverwaltungen und Bürgerinnen und Bürgern sechs ausgewählter Städte (für ein positives Zielbild als „Überfliegerstädte“ bezeichnet) durchgeführt. Zudem wurde auf bereits verfügbare Studien und Planungsgrundlagen zurückgegriffen, beispielsweise

- den „Leitfaden für die Entwicklung von Seilbahnen an urbanen Standorten“ des Bayerischen Staatsministeriums für Wohnen, Bau und Verkehr,
- die Studie „Hoch hinaus in Baden-Württemberg – Über die Machbarkeit, Chancen und Hemmnisse urbaner Luftseilbahnen in Baden-Württemberg“ durch das Karlsruher Institut für Technologie – Institut für Verkehrswesen,
- den Handlungsleitfaden „Neue Wege gestalten – Urbane Seilbahnen als Bestandteil des ÖPNV“ durch den Verkehrsverband Westfalen e.V. und
- das „Cable Car Confidential“ von Creative Urban Projects Inc.

Die Erkenntnisse hieraus wurden zusammengetragen und in diesen Leitfaden überführt.

Der vorliegende Leitfaden soll eine Hilfestellung geben, um sinnvolle Anwendungsfälle für urbane Seilbahnen zu finden sowie diese dann auch erfolgreich umzusetzen, und wendet sich an alle Interessierten (Kommunen, Verkehrsverbünde, Verkehrsbetriebe etc.), welche sich mit dem Thema einer urbanen Seilbahn befassen wollen. Ziel ist es, allgemeingültige und übertragbare Planungsgrundlagen für die stadt- und verkehrsplanerische Integration urbaner Seilbahnprojekte in Deutschland zu schaffen und einen Fahrplan für deren Realisierung als Bestandteil des ÖPNV zu erhalten.



Pendelbahn „Portland Aerial Tram“ in Portland (USA)

2

Aufbau und Handhabung des Handlungsleitfadens

Der vorliegende Handlungsleitfaden zur Realisierung von Seilbahnprojekten und -systemen soll den deutschen Städten und Kommunen zur Information und als Orientierung bei der Initiierung und Planung von Seilbahnvorhaben dienen. Die grundlegenden Informationen sowie die zu berücksichtigenden Themenfelder werden innerhalb des Leitfadens detailliert dargestellt und sind mit Handlungsempfehlungen versehen. Abbildungen und Themenexkurse sollen die dargestellten Inhalte nochmals verdeutlichen. Die Inhalte des Leitfadens bilden den zum Zeitpunkt der Veröffentlichung aktuellen Kenntnisstand ab. Änderungen, welche sich zukünftig ergeben (ggf. Änderung/Anpassung der Rechtsgrundlagen), und Real-Erfahrungen bei der Umsetzung von Seilbahnvorhaben in Deutschland können momentan nicht abgebildet werden und weichen unter Umständen von den hierin enthaltenen Annahmen ab. Die Organisation und Umsetzung eines Seilbahnvorhabens ist stets projektspezifisch zu bewerten und festzulegen.

In Kapitel 3 Allgemeine Grundlagen werden mögliche Einsatzgebiete und Systeme urbaner Seilbahnen, Potenziale und Herausforderungen sowie rechtliche Rahmenbedingungen grundlegend dargestellt. Diese Informationen sollen den deutschen Städten und Kommunen bereits im Rahmen der Projektfindung bekannt sein, um beurteilen zu können, ob das Verkehrsmittel für das vorgesehene Untersuchungsgebiet grundsätzlich geeignet ist und im Zuge der weiteren Betrachtung Anwendung findet. In Kapitel 4 Exemplarische Realisierung eines Seilbahnprojekts wird ein exemplarischer Projektablauf mit grundlegenden Meilensteinen aufgezeigt, welcher zur Orientierung für die standortspezifische Projektrealisierung herangezogen werden kann. Weiterhin werden in diesem Rahmen die Vorgänge der Genehmigungsverfahren aufgezeigt, welche grundsätzlich bei der Planung und Umsetzung eines Seilbahnvorhabens zu betrachten sind. Es ist anzumerken, dass jedes Projekt kontextspezifisch und individuell

zu bewerten ist. Der dargestellte Ablauf erhebt keinen Anspruch auf Vollständigkeit bzw. Richtigkeit in Bezug auf das durchzuführende Realprojekt.

Die nachfolgenden Kapitel entsprechen keiner fest definierten chronologischen Abfolge, welche zwingend im Projektablauf eingehalten werden muss. Jedoch sollte mit der gewählten Themenabfolge eine logische Struktur für eine Projektabwicklung geschaffen werden, welche zunächst den Rahmen für ein Seilbahnprojekt festlegt, anschließend in die technische und betriebliche Spezifikation des Systems übergeht und abschließend die Themen der Investition und Förderung betrachtet. In Kapitel 5 Verkehr, Umwelt und städtebauliche Integration sollen zunächst das Nachfragepotenzial und die Randbedingungen im jeweiligen Untersuchungsgebiet analysiert und festgelegt werden. Anhand dieser Grundlage erfolgt anschließend die Wahl des Seilbahnsystems in Kapitel 6 Technische Infrastruktur

und Betrieb. Die zu betrachtenden und mit einzuplanenden betrieblichen Themen sind ebenfalls in diesem Kapitel beschrieben. In Kapitel 7 Bewertung, Investitionen und Förderung werden die Inhalte der Standardisierten Bewertung, welche im Jahr 2022 überarbeitet wurde, dargestellt. Hiermit können nun auch Seilbahnvorhaben adäquat bewertet werden. Je nachdem, welche Projektphase bzw. welche Fragestellung innerhalb des Projekts bearbeitet wird, können die Themenfelder separat voneinander betrachtet werden.

In Kapitel 8 Ausblick und Innovationen werden abschließend aktuelle Forschungsvorhaben und Innovationen der Seilbahnbranche vorgestellt.

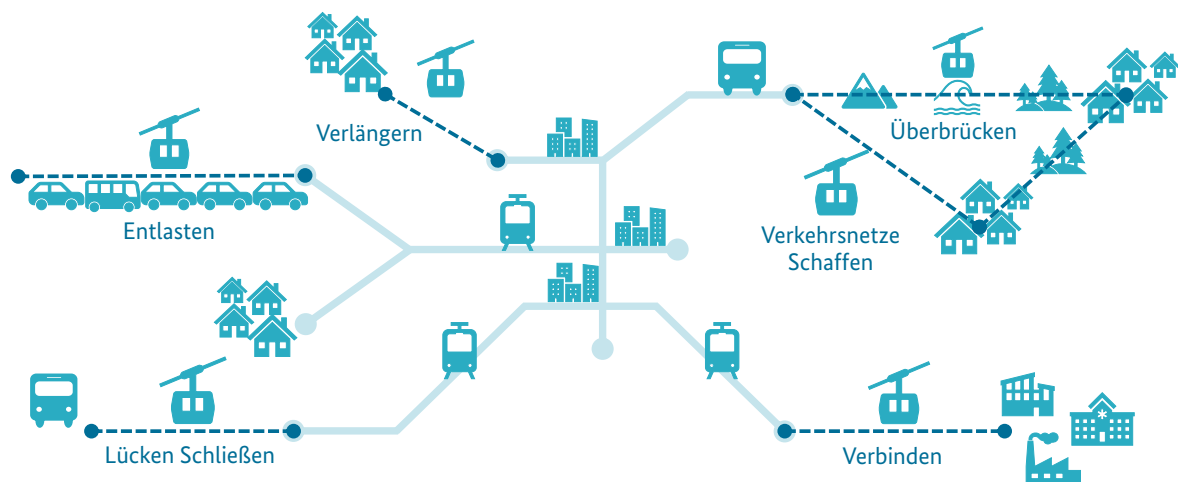
3

Allgemeine Grundlagen

Grundsätzlich werden seilbetriebene Systeme in hängende und fahrweggebundene Systeme eingeteilt. Im Rahmen des Handlungsleitfadens des BMDV sollen Ansätze zur Realisierung von Seilschwebbahnen (hängende Systeme) aufgezeigt werden, da diese vor dem Hintergrund einer potenziellen Platzersparnis in der Fläche und der Möglichkeit zur Überwindung topografi-

scher und baulicher Hindernisse sinnvoll in das bestehende Verkehrsnetz integriert werden können. Standseilbahnen (fahrweggebundene Systeme) werden im Folgenden nicht weiter betrachtet. In diesem Leitfaden wird grundsätzlich der Begriff „Seilbahn“ verwendet, damit sind stets Seilschwebbahnen gemeint.

Abbildung 2:
Anwendungsfelder urbaner Seilbahnen



3.1 Einsatzgebiete und Anwendungsfelder

Wie bei allen Verkehrssystemen finden sich auch bei Seilbahnen Einsatzbereiche, für die das System aufgrund seiner Eigenschaften besonders geeignet ist. Die Eigenschaften des Systems Seilbahn sind insbesondere

- die vom restlichen Verkehr unabhängige Führung in der sogenannten +1-Ebene,
- die Möglichkeit, direkte Punkt-zu-Punkt-Verbindungen ohne Umwege zu realisieren, sowie
- bei Umlaufbahnen die Eigenschaft als Stetigförderer, welche einen festen Fahrplan verzichtbar macht, da bei entsprechend dichter Taktung stets eine abfahrtsbereite Kabine zur Verfügung steht.

Maßgeblicher Anwendungszweck ist das Überbrücken und Überwinden topografischer, baulicher oder verkehrlicher Hindernisse.

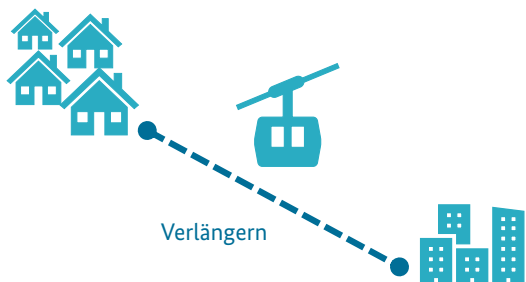
Durch die Führung in der +1-Ebene und die enorme Variabilität in Bezug auf die Stützenhöhe können Seilbahnen topografische oder infrastrukturelle Barrieren **überbrücken**, die mit bestehenden Verkehrsmitteln des ÖPNV nicht oder nur mit erheblichem Mehraufwand überwunden werden könnten. Mit Seilbahnen können beispielsweise Flüsse überquert, aber auch steile Hänge auf direktem Wege erklommen und Täler überschwebt werden. Im urbanen Kontext treten aber auch infrastrukturelle Hindernisse auf. Hierzu zählen dicht besiedelte Gebiete und entsprechend wenig verfügbare Flächen, was den Ausbau des bestehenden Verkehrsnetzes erschwert. Hier zeigt sich der große Vorteil urbaner

Abbildung 3:
Anwendungsfall „Überbrücken“



Seilbahnen. Punkte, die mit anderen Verkehrsmitteln aufgrund von Hindernissen nur über Umwege erreichbar sind, können per Seilbahn auf direktem Wege verbunden werden; Autobahnen oder andere Trassenbauwerke mit Barrierewirkung können beispielsweise überschwebt werden. Beträchtliche Reisezeitersparnisse können erzielt werden.

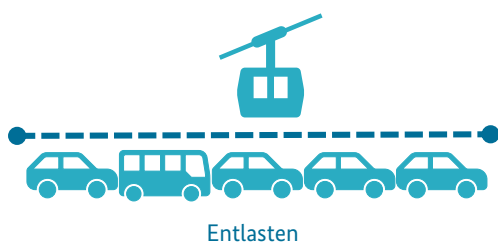
Abbildung 4:
Anwendungsfall „Verlängern“



In Ergänzung des Überbrückens und Überwindens sind die folgenden Anwendungsfälle unter Berücksichtigung der genannten Eigenschaften Einsatzbereiche für urbane Seilbahnen.

Bereits bestehende ÖPNV-Trassen können durch Seilbahnen vergleichsweise baulich schnell und kostengünstig **verlängert** werden. In Verbindung mit der Funktion Überbrücken können Seilbahnen auch dann in Betracht gezogen werden, wenn die Erweiterung des bestehenden Systems aufgrund baulicher Barrieren nicht oder nur mit sehr hohem Aufwand möglich ist. Auf diese Weise können Seilbahnen als Zubringer zu den bestehenden ÖPNV-Angeboten agieren und so das Angebot erweitern.

Abbildung 5:
Anwendungsfall „Entlasten“



Vielerorts kommt die bestehende Infrastruktur an ihre Grenzen. Dies gilt sowohl für den ÖPNV, was stark ausgelastete oder überfüllte Fahrzeuge zur Folge hat, als auch für den motorisierten Individualverkehr (MIV), was zu Staus führt. Durch die Führung in der +1-Ebene kann mit urbanen Seilbahnen in besonders stark belasteten Bereichen bei geringem Flächenverbrauch ein zusätzliches Verkehrssystem geschaffen werden, das einen Teil der Verkehrsnachfrage der bestehenden Infrastruktur aufnimmt und diese **entlastet**. Der Bau von Seilbahnen zu diesem Zweck bietet sich vor allem dort an, wo ein Ausbau der vorhandenen Infrastruktur, beispielsweise die Einrichtung einer Busspur, aus Platzmangel nicht möglich ist.

Abbildung 6:
Anwendungsfall „Lücken schließen“

Seilbahnen sind gut zur **Schließung verkehrli-cher Lücken** geeignet, beispielsweise zu großen Verkehrserzeugern wie Gewerbe- und Wohngebieten, Einkaufszentren etc. In radial angelegten Verkehrsnetzen können mit Seilbahnen, bei entsprechender Verkehrsnachfrage, auch tangentielle Verbindungen geschaffen werden, die eine Fahrt über den Kernbereich einer Stadt ersparen und so die in diesem Bereich häufig stark belastete Infrastruktur entlasten. Hierbei kommt Umlaufbahnen ihre Eigenschaft als Stetigförderer zugute, da aufgrund einer permanent abfahrbereiten Seilbahnkabine keine Fahrplanabstimmung mit den vorhandenen Verkehrssystemen erforderlich ist.



Abbildung 7:
Anwendungsfall „Verbinden“

Mit Seilbahnen können räumlich getrennte Standorte von Verkehrserzeugern mit hohem Arbeitsplatz- oder Besucheraufkommen, beispielsweise von Hochschulen, Messegeländen oder Flughäfen, **miteinander verbunden** werden. Auch in diesem Fall kommt hierbei Umlaufbahnen ihre Eigenschaft als Stetigförderer zugute, da sie so eine kontinuierliche Verbindung der Standorte ermöglichen. Da es sich bei den genannten Einrichtungen oftmals um peripher gelegene Standorte handelt, sind Seilbahnen darüber hinaus auch geeignet, diese Standorte leistungsfähig an das bestehende ÖPNV-Netz anzubinden.



Abbildung 8:
Anwendungsfall „Verkehrsnetze schaffen“

Durch die Möglichkeit, Seilbahnlinien in einem Stationsgebäude miteinander zu verknüpfen, können **Verkehrsnetze** urbaner Seilbahnen geschaffen werden. Voraussetzung hierfür ist jedoch, dass in dem urbanen Raum bislang keine adäquate Verkehrsinfrastruktur vorhanden ist. In Deutschland bestehen in der Regel bereits leistungsfähige ÖPNV-Netze, die nur punktuell ergänzt werden müssen. Die Schaffung von Verkehrsnetzen urbaner Seilbahnen wird daher in Deutschland nur eine untergeordnete Rolle spielen.

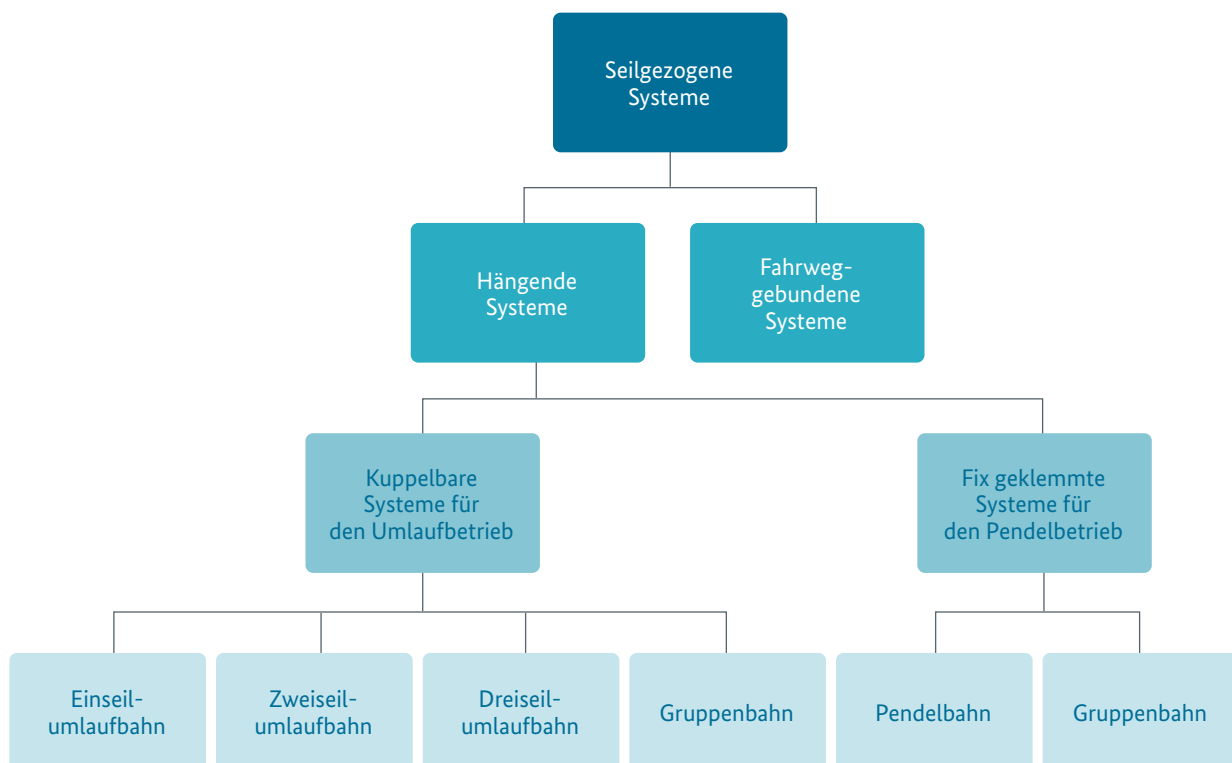


3.2 Seilbahnsysteme

Als Seilschwebbahnen bezeichnet man eine lineare Punkt-zu-Punkt-Verbindung zwischen zwei Stationen. Zwischen diesen Stationen ist mindestens ein Seil gespannt, das über einen Motor angetrieben wird und somit der Fortbewegung der angekuppelten Kabinen dient. Jedes System besitzt sogenannte Spannfelder, die ohne zusätzliche Stütze überbrückt werden können. Auf längerer Distanz werden Stützen auf der Seilbahntrasse integriert, um den Abstand zwischen Seil und Boden auf ganzer Strecke zu gewährleisten. Zur Kategorie der Seilschwebe-

bahnen zählen Pendelbahnen und Umlaufbahnen, die sich wiederum hinsichtlich ihrer Seilanzahl und der Betriebsart unterscheiden. Pendelseilbahnen besitzen nur eine Kabine oder Kabinengruppe je Fahrtrichtung, wohingegen Umlaufseilbahnen als Stetigförderer eine größere Anzahl an Kabinen befördern, welche hintereinander entlang des Seilzugs im Umlauf verkehren. Im urbanen Raum spielen im Wesentlichen Pendelbahnen und kuppelbare Umlaufbahnen eine Rolle.

Abbildung 9:
Übersicht seilgezogener Systeme



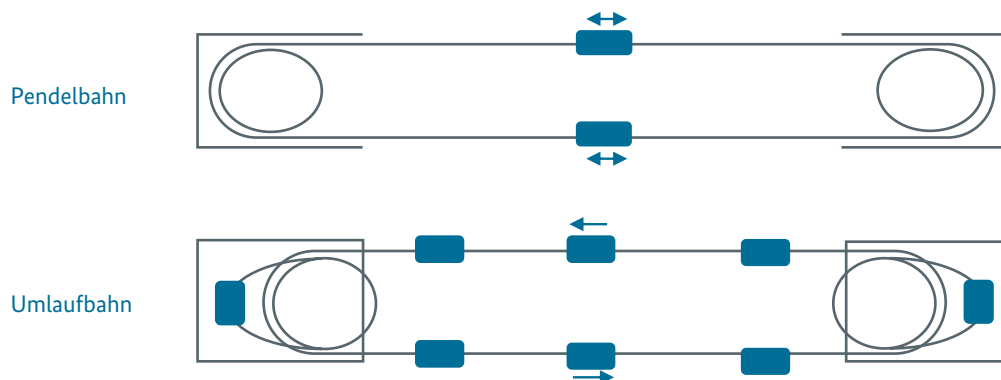
Im **Pendelbetrieb** ist ein Ein- und Ausstieg nur bei haltenden Kabinen an den Stationen möglich. Um bei entsprechend hoher Nachfrage eine ausreichende Kapazität bieten zu können, ist es daher sinnvoll, Kabinenfahrzeuge mit hohem Fassungsvermögen einzusetzen. Da die Anzahl der Kabinen bei einer Pendelbahn nicht veränderbar ist, ist die Kapazität ausschließlich von der Kabinengröße abhängig. In der Regel wird im Pendelbetrieb ein Fahrplan mit fest definierten Abfahrtszeiten eingerichtet, vergleichbar mit dem Taktfahrplan anderer ÖPNV-Systeme.

Größeres Potenzial im urbanen Bereich bietet der **Umlaufbetrieb**, der kontinuierlich Kabinen in gleichmäßigen Abständen befördert und somit einen dichten Takt ermöglicht. Die Funktion der Umlaufseilbahnen basiert auf dem Prinzip einer Stahlseilschleufe, die von zwei gegenüberliegenden Seilscheiben um jeweils 180 Grad umgelenkt wird. Folglich zirkulieren die Kabinen im Pater-nosterprinzip. Im Gegensatz zu Pendelbahnen können bei Umlaufbahnen Kabinen während des Betriebs an- und abgekuppelt werden, um die Kapazität zu verändern. Aufgrund dieser hohen Flexibilität kann theoretisch eine direkte Reaktion auf die Auslastung und den Bedarf hinsichtlich

des Fahrangebots erfolgen. Bei den Anpassungen sind jedoch die Grundsätze der Verlässlichkeit des Verkehrsangebots zu berücksichtigen; Anpassungen des Verkehrsangebots dürfen nur zu vorgegebenen, im Fahrplan veröffentlichten Zeiten erfolgen (vgl. Kapitel 5.1.2).

Des Weiteren können Kabinen nach Einfahrt in die Station abgekuppelt werden, um bei geminderter Geschwindigkeit das Ein- und Aussteigen angenehmer zu gestalten. Auch ein vollständiger Stillstand der Kabinen in den Stationen ist möglich, reduziert jedoch die Kapazität des Systems (vgl. Exkurs Fahrgastwechsel, Kapitel 6.1.4). Nach Ein- bzw. Ausstieg beschleunigt die Kabine auf Betriebsgeschwindigkeit und kann wieder an das Förderseil angekoppelt werden. Die übrigen Kabinen im System verkehren währenddessen mit gleichbleibender Geschwindigkeit. Umlaufseilbahnen besitzen dadurch eine hohe Gesamtförderkapazität und können aufgrund der hohen Fahrtenfolge die Wartezeiten gegenüber taktgebundenen ÖPNV-Systemen deutlich reduzieren. Durch den Einsatz von Zwischenstationen kann die Erschließungswirkung der Seilbahn verbessert und ein höheres Fahrgastpotenzial erschlossen werden.

Abbildung 10:
Funktionsprinzip Seilschwebbahnen



3.3 Abgrenzung der Seilbahn zu weiteren ÖPNV-Systemen

Der ÖPNV wird in Deutschland durch eine große Bandbreite an ÖPNV-Systemen erbracht. Dazu zählen insbesondere die weitverbreiteten Systeme Bus, Tram/Stadtbahn und S-Bahn/Regionalbahn, aber auch Systeme, die sich jeweils nur in einzelnen Städten etabliert haben, wie U-Bahn, Zweisystem-Stadtbahn, Standseilbahn, Fähre, Zahnradbahn und weitere Bahnen besonderer Bauart (z. B. H-Bahn).

Eine Abgrenzung dieser Systeme untereinander bzw. zur urbanen Seilbahn als weiterem ÖPNV-System kann auf Basis unterschiedlicher Kriterien und Systemeigenschaften erfolgen. Letztlich erfolgt die Abgrenzung der Verkehrssysteme durch die Summe ihrer Eigenschaften. Zu einer ersten Einordnung eignen sich Eigenschaften, die in der öffentlichen Wahrnehmung eine große Rolle spielen:

- Verkehrsweg (Straße, Schiene, Wasser, Seil)
- Antriebsart (Verbrennungs- oder Elektromotor)
- Geschwindigkeit und Reichweite des Fahrzeugs (kurz, mittel, lang)
- Tragprinzip (stehen, hängen, schweben, schwimmen)
- Beförderungskapazität (Fahrzeuggröße, Taktung)

Ein augenfälliger Unterschied zu den anderen ÖPNV-Systemen ist das Seil als Verkehrsweg einer Seilbahn. Die Mehrheit der bislang verbreiteten Systeme gehört zum Landverkehr, wobei

Busse in der Regel die vorhandene Straßeninfrastruktur nutzen, während z. B. Tram und Stadtbahn auf eigenen Schienennetzen verkehren.

Der Großteil dieser Infrastruktur befindet sich in der 0-Ebene, wobei in verdichteten Innenstadtbereichen häufig auf die -1-Ebene ausgewichen wird. Dies erhöht die Unabhängigkeit der ÖPNV-Systeme vom restlichen Verkehrsgeschehen.

U-Bahnen besitzen einen vollständig unabhängigen Verkehrsweg, der meist in der -1-Ebene, teilweise aber auch in der 0-Ebene (eingezäunte Strecken im Außenbereich) oder in der +1-Ebene (Hochtrassen) geführt wird. Durch die Führung in der +1-Ebene haben auch Seilbahnen einen vollständig unabhängigen Verkehrsweg, was die Einflüsse externer Faktoren auf den Betriebsablauf minimiert. Im Hinblick auf den Verkehrsweg ist am ehesten die in Dortmund verkehrende H-Bahn mit einer Seilbahn vergleichbar. Die Kabinen verkehren zwischen den Stationen in der +1-Ebene, die Stationen selbst können sich wiederum in der 0-Ebene befinden. Der Infrastrukturaufwand für den Verkehrsweg ist bei einer H-Bahn allerdings aufgrund der Anzahl der Stützen und des als Hohlkastenträger ausgeführten Fahrwegs höher als bei einer Seilbahn.

Der Antrieb der meisten Busse sowie ein Teil des Zugverkehrs (insbesondere im Regionalverkehr) beruhen derzeit noch auf Verbrennungsmotoren. Dies wird sich in Zukunft ändern, wenn Fahrzeuge mit Batterien oder Brennstoffzellen eine breitere Verwendung finden. Bereits seit über einem Jahrhundert werden Straßen-, Stadt- und U-Bahnen elektrisch angetrieben. Dies gilt seit längerer Zeit auch für den Schienenpersonennahverkehr (SPNV) in den Ballungsräumen. Seilbahnen werden ebenfalls elektrisch angetrieben, dabei unterscheiden sie sich von allen anderen ÖPNV-Systemen dadurch, dass der

Antrieb sich nicht im Fahrzeug/in den Kabinen, sondern in den Stationen befindet. Dieser Antrieb bewegt das Seil und damit auch die Kabinen. Bei den Verkehrssystemen in der 0-Ebene arbeitet lediglich die Standseilbahn nach dem gleichen Prinzip.

Die Geschwindigkeiten und Reichweiten der ÖPNV-Systeme unterscheiden sich deutlich. Dabei geht es meist weniger um die technisch realisierbare Geschwindigkeit und die theoretische Reichweite der Fahrzeuge, sondern um die sich bei tatsächlichem Einsatz ergebenden Größen. Es wäre beispielsweise technisch möglich, U-Bahn-Fahrzeuge mit Geschwindigkeiten von 160 km/h zu bauen und U-Bahn-Linien auf eine Länge von 100 Kilometern auszudehnen. Dies wäre aber nicht sinnvoll, da aufgrund der Haltestellenabstände solch hohe Geschwindigkeiten im Betrieb nicht umsetzbar sind und aufgrund der hohen Anforderungen an die Infrastruktur keine entsprechend langen U-Bahn-Strecken gebaut werden. Relevanter ist die tatsächliche Reisegeschwindigkeit, bei der auch die Halte berücksichtigt sind. Bei den urbanen ÖPNV-Systemen bewegt sie sich in einer Spanne von ca. 20 km/h (Stadtbusse und klassische Straßenbahnen) bis zu 50 km/h (S-Bahn). Die Linienlänge der ÖPNV-Systeme erreicht eine noch größere Spanne. Diese reicht von 1 bis 2 Kilometern langen Quartierbuslinien über Stadtbahn- und U-Bahn-Strecken mit bis zu 40 Kilometern Länge bis hin zu S-Bahn-Linien, welche eine Länge von 100 Kilometern erreichen können.

Seilbahnen erreichen systembedingt geringere Geschwindigkeiten; die Reisegeschwindigkeit liegt im Bereich von ca. 20 bis 45 km/h. Dabei ist allerdings zu beachten, dass Seilbahnen im Gegensatz zu anderen Systemen eine direkte

Verbindung schaffen, sodass der Weg von A nach B häufig kürzer ist als beispielsweise mit dem Bus. Bislang liegt die Länge projektierter Seilbahnen meist unter 5 Kilometern. Grundsätzlich sind auch längere Verbindungen möglich. Es muss jedoch beachtet werden, dass der Vorteil der direkten Verbindung mit zunehmender Länge aufgrund der vergleichsweise geringen Geschwindigkeit einer Seilbahn schwindet und somit auch die Reisezeitvorteile urbaner Seilbahnen gegenüber anderen Verkehrsmitteln.

Sichtbarster Unterschied der Seilbahn zu den meisten anderen Systemen ist ihr Tragprinzip. Nahezu alle anderen ÖPNV-Systeme beruhen darauf, dass die Fahrzeuge auf ihrem Fahrweg stehen – sei es auf der Straße oder auf der Schiene. Seilbahnkabinen hängen hingegen am Seil und befinden sich somit unter ihrem Fahrweg. Dies ist allerdings kein Alleinstellungsmerkmal, da auch einige Bahnen besonderer Bauart nach diesem Prinzip betrieben werden (z. B. Dortmunder H-Bahn oder Wuppertaler Schwebebahn).

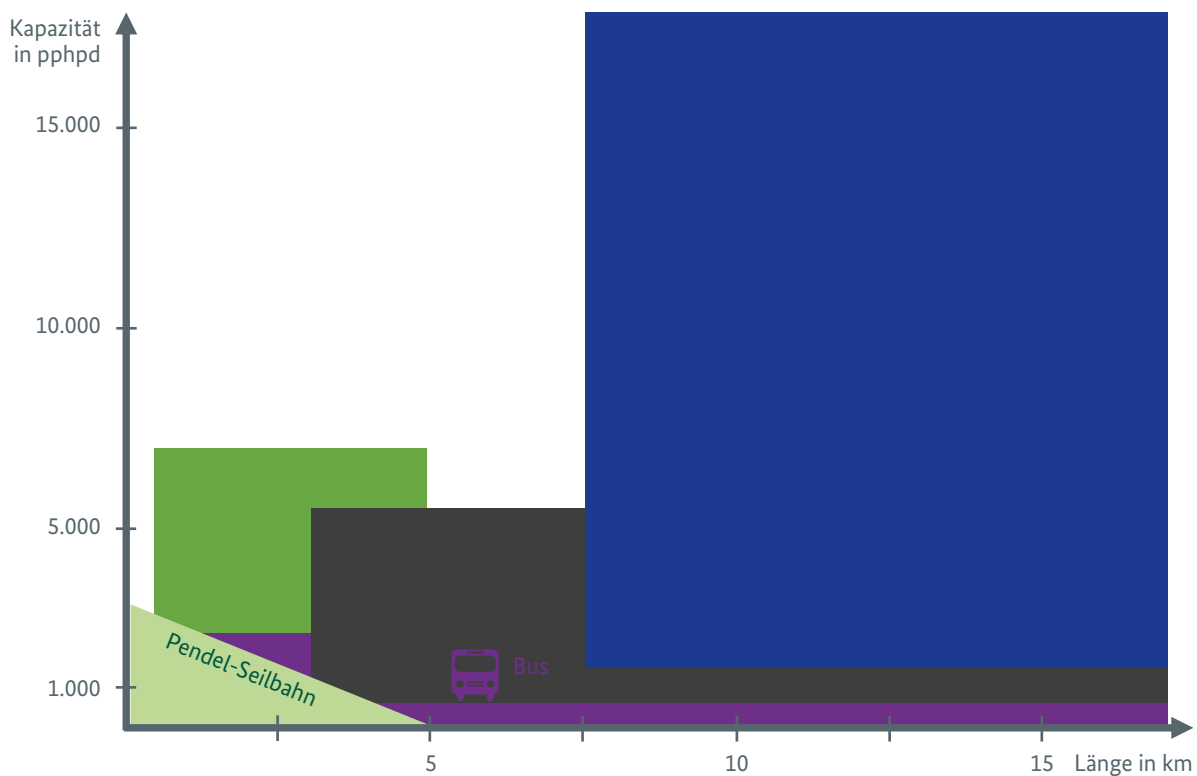
Die Beförderungskapazität von ÖPNV-Systemen ergibt sich aus der Fahrzeuggröße und der Taktung. Die Größe der Fahrzeuge variiert sehr stark, häufig auch innerhalb der Systeme. So gibt es Kleinbusse mit einer Kapazität von lediglich acht Fahrgästen, aber auch Doppelgelenkbusse mit einer Kapazität für bis zu 180 Fahrgäste. Gleiches gilt für den SPNV, auf dem im ländlichen Raum kompakte Regionaltriebwagen für 150 Fahrgäste verkehren. In den Ballungsräumen hingegen sind S-Bahnen mit einer Kapazität von über 500 Fahrgästen unterwegs, die als dreifach gekoppelte S-Bahn-Züge über 1.500 Fahrgäste transportieren können. Auch bei Seilbahnen variieren die Kabinengrößen, abhängig davon, ob es sich um eine Einseilumlaufbahn (EUB), eine

3S-Bahn oder eine Pendelbahn handelt. Die Kabinen einer EUB sind häufig für acht oder zehn Fahrgäste ausgelegt, die Kabinen einer 3S-Bahn hingegen können ca. 30 Personen befördern. Bei einer Pendelbahn sind noch deutlich größere Kabinen möglich. Durch die stetige Beförderung im dichten Takt (z. B. 60 Sekunden) ergeben sich für Umlaufbahnen trotz der vergleichsweise kleinen Kabinen Beförderungskapazitäten,

die im Bereich von Bus- oder Straßenbahnlinien im 5-Minuten-Takt liegen. Pendelbahnen weisen geringere Kapazitäten auf, die zudem von der Länge der Bahn abhängig sind (vgl. Kapitel 6.1.2).

Abbildung 11 zeigt eine Bandbreite typischer Linienlängen und -kapazitäten unterschiedlicher ÖPNV-Systeme im Vergleich.

Abbildung 11:
Vergleich von Linienlängen und Förderkapazitäten verschiedener ÖPNV-Systeme



3.4 Rechtliche Rahmenbedingungen

Die rechtlichen Vorgaben hinsichtlich des Inverkehrbringens und des Handels mit Seilbahnteilsystemen und Sicherheitsbauteilen erfolgen auf Grundlage europäischen Rechts, nämlich durch die „Verordnung (EU) 2016/424 des Europäischen Parlaments und des Rates vom 9. März 2016 über Seilbahnen und zur Aufhebung der Richtlinie 2000/9/EG“ (EU-Seilbahnverordnung). Als EU-Verordnung findet sie unmittelbar in den Mitgliedsstaaten und damit auch in Deutschland Anwendung. Sie enthält ferner Rahmenvorschriften für den Entwurf, den Bau und die Inbetriebnahme neuer Seilbahnen, welche konkret durch die Mitgliedsstaaten auszufüllen sind.

Auf Bundesebene wurden die erforderlichen Durchführungsbestimmungen im Bereich der Konformitätsbewertung und der Marktüberwachung für Seilbahnteilsysteme und Sicherheitsbauteile mit dem „Gesetz zur Durchführung der Verordnung (EU) 2016/424 des Europäischen Parlaments und des Rates vom 9. März 2016 über Seilbahnen und zur Aufhebung der Richtlinie 2000/9/EG“ (Seilbahndurchführungsgesetz, SeilBDG) erlassen.

Innerhalb Deutschlands haben die Länder die ausschließliche Gesetzgebungskompetenz für das Recht der Seilbahnen gemäß Art. 70 Abs. 1 Grundgesetz in Verbindung mit Art. 74 Abs. 1 Nr. 23 Grundgesetz und sind damit für den Erlass des seilbahnspezifischen Rechts für den Bau und den Betrieb von Seilbahnen zuständig. So regeln jeweils die Landesseilbahngesetze die Genehmigung, den Betrieb, die Überwachung und die Aufsicht über die Seilbahnen und entsprechen dabei den betreffenden Rahmenvorgaben des europäischen Rechts.

Folgende Voraussetzungen werden über die genannten Gesetzestexte sowie über die Regeln für die Bemessung im Bauwesen (Eurocode) und den elektrischen Anlagenbau (CENELEC) geregelt und müssen im Genehmigungsprozess nachgewiesen bzw. anlagenspezifisch erstellt werden. Hierbei sind unter anderem die Inhalte des Landesrechts und der EU-Seilbahnverordnung 2016/424 maßgebend. Gemäß Art. 8 der EU-Seilbahnverordnung 2016/424 müssen eine Sicherheitsanalyse und ein Sicherheitsbericht vorhanden sein. Diese umfassen

- das Vorhandensein von EU-Konformitätserklärungen für alle Sicherheitsbauteile und Teilsysteme einer Seilbahn gemäß Art. 19 VO (EU) 2016/424,
- ein Bergekonzept,
- ein Brandschutzkonzept,
- ein Entfluchtungskonzept für Stationsbauwerke,
- den Nachweis der Standsicherheit für die Stations- und Streckenbauwerke (Stützen) inklusive eines ausreichend dimensionierten Anprallschutzes.

Weiterhin sind folgende Inhalte zu berücksichtigen:

- Ermittlung des Flächenbedarfs für die Gesamtanlage inklusive Flächen für Garagierung und Instandhaltung
- Dimensionierung von Zugangsbauwerken; Optimierung von Zugangs- und Umsteigezeiten
- Dimensionierung von Stauflächen

- Einbindung in Bestandsbauwerke (unter anderem U-Bahn-Bauwerke, Busbahnhöfe)
- Wechselwirkungen mit Stromtrassen und Oberleitungen

Die oben stehende Auflistung erhebt keinen Anspruch auf Vollständigkeit, gegebenenfalls sind weitere technische Unterlagen und Bescheinigungen vorzulegen.

Die in den Ländern zuständigen Aufsichtsbehörden regeln umfangreiche Untersuchungen der gesamten Seilbahnanlagen, wie bspw. Kontrolle aller wesentlichen technischen Funktionen und Einrichtungen vor Inbetriebnahme der Seilbahn, regelmäßige Kontroll- und Wartungsarbeiten sowie vorbeschriebene Durchführungen von Hauptuntersuchungen der gesamten Seilbahnanlage.

Mit Blick auf die Sicherheitsanforderungen im Bereich des Inverkehrbringens von Seilbahnteilsystemen und den Betrieb Seilbahnen tauschen sich die Länder im Seilbahnausschuss aus. Der Bund hat bei den Sitzungen einen Gaststatus.

Bei der Durchführung von Planungs- und Genehmigungsverfahren sind die jeweiligen landesrechtlichen Vorgaben zu berücksichtigen.

3.5 Potenziale und Herausforderungen beim Einsatz urbaner Seilbahnen

Urbane Seilbahnen bereichern die Bandbreite der verfügbaren ÖPNV-Systeme und eröffnen neue Optionen beim ÖPNV-Ausbau. Wie alle ÖPNV-Systeme haben urbane Seilbahnen systemspezifische Vor- und Nachteile, die sie für bestimmte Anwendungsfälle prädestinieren.

Wichtige Vorteile von urbanen Seilbahnen gegenüber anderen ÖPNV-Systemen:

- Umlaufbahnen sind Stetigförderer, die in einem sehr dichten Takt verkehren können. Daraus ergeben sich hohe Kapazitäten und kurze Wartezeiten.
- Das Seil als Verkehrsweg ermöglicht die Querung topografischer, baulicher oder verkehrlicher Hindernisse sowie die Überwindung großer Höhenunterschiede.
- Durch die Führung in der +1-Ebene sind Seilbahnen unabhängig vom restlichen Verkehr.
- Seilbahnen benötigen vergleichsweise wenig Infrastruktur, die sich vor allem auf die Stationen konzentriert. Abhängig von den projektspezifischen Randbedingungen können sie grundsätzlich schneller und günstiger als andere Systeme mit vergleichbaren Eigenschaften gebaut werden.
- Durch die Trennung des Antriebs vom eigentlichen Fahrzeug sind Seilbahnen lokal sehr emissionsarm. Zudem wird durch den zentralen Antrieb eine hohe Energieeffizienz erreicht.

Dem stehen allerdings auch einige Systemgrenzen und Herausforderungen gegenüber:

- Durch die im Vergleich zu anderen Systemen geringen Geschwindigkeiten eignen sich Seilbahnen nicht für längere Strecken.
- Der Verkehrsweg Seil erlaubt keine Verzweigungen außerhalb von Stationen. Ein Seilbahnnetz kann über einzelne Sektionen realisiert werden.
- Ein Richtungswechsel von Seilbahnen ist nur an Zwischen- oder Umlenkstationen möglich.
- Trotz des dichten Takts können Wartezeiten für Fahrgäste entstehen, falls diese in einem Pulk ankommen (z. B. Veranstaltungsverkehr oder Umsteiger aus der S-Bahn).
- Durch die Führung der Seilbahn in der +1-Ebene können Konflikte durch die Beeinträchtigung des Stadt- und Landschaftsbilds oder bei der Überquerung von Grundstücken entstehen.
- Die Geräuscentwicklung betrifft den Bereich rund um die Stützen und Stationen. Dies ist detailliert je Anwendungsfall mit Blick auf die zulässigen Grenzwerte zu prüfen.

Daher sind im Planungsprozess zunächst die Anforderungen an das gewünschte ÖPNV-Angebot zu definieren, sodass die dafür infrage kommenden ÖPNV-Verkehrssysteme ermittelt werden können. In weiteren Schritten ist dann die optimale Lösung für das lokale Verkehrsbedürfnis zu erarbeiten. Dies kann eine urbane Seilbahn sein – muss es aber nicht.

3.6 Verkehrliche und tarifliche Einbindung von Seilbahnen in ÖPNV-Netze

Wie jedes andere Verkehrssystem müssen urbane Seilbahnen in der Planung **als Teil eines ÖPNV-Netzes** gedacht werden. Hiermit ist nicht gemeint, dass es sich um ein Netz aus mehreren urbanen Seilbahnlinien handeln muss, so wie beispielsweise das Seilbahnnetz „Mi Teleférico“ in La Paz/ Bolivien. Dort ist die Ausgangssituation nicht mit der Situation deutscher Städte vergleichbar, denn in La Paz war vor dem Bau der Seilbahnen kein adäquates ÖPNV-Angebot vorhanden. In deutschen Städten ist dies jedoch meist der Fall. ÖPNV-Angebote können jedoch an einzelnen Stellen Lücken aufweisen. Urbane Seilbahnen können diese Lücken schließen.

Somit können Seilbahnen zu einem Teil des urbanen ÖPNV werden. Entsprechend müssen sie auch im Kontext mit diesem geplant werden. Ziel ist es, die Seilbahn in das bestehende Netz zu integrieren, um das ÖPNV-Angebot insgesamt zu verbessern. Der Erfolg urbaner Seilbahnen hängt maßgeblich davon ab, inwieweit diese Integration sowohl räumlich mit anderen Verkehrsträgern als auch tariflich gelingt. Die optimale Vernetzung mit dem bestehenden ÖPNV ist somit eine wichtige planerische Aufgabe.

Für eine optimale **verkehrliche Verknüpfung** mit anderen Verkehrssystemen werden **intermodale Verknüpfungspunkte mit möglichst kurzen Umsteigewegen** benötigt, an denen der Umstieg zwischen verschiedenen Verkehrssystemen ermöglicht wird (z. B. Seilbahn – S-Bahn / Seilbahn – Stadtbahn / Seilbahn – Bus usw.). Durch eine solche Integration kann der verkehrliche Nutzen einer Seilbahn – aber auch der anderen ÖPNV-Systeme – optimiert und die

Potenziale des Systems Seilbahn ausgeschöpft werden. Um die idealen Verknüpfungsstationen mit dem bestehenden ÖPNV zu identifizieren, kann auf Verkehrsmodelle zurückgegriffen werden (vgl. Kapitel 5.1.1).

Neben der verkehrlichen Verknüpfung ist auch die **tarifliche Integration** der Seilbahn in die bestehende Tariflandschaft des ÖPNV von großer Bedeutung. Unter einer tariflichen Integration versteht man, dass die Nutzung einer urbanen Seilbahn mit dem gleichen Tarifangebot und den gleichen Bestimmungen möglich ist wie bei anderen ÖPNV-Systemen. Für die gesamte Reisekette von Fahrgästen (z. B. S-Bahn – Seilbahn – Bus) ist somit nur eine Fahrkarte erforderlich, die eine durchgängige Fahrt in allen ÖPNV-Systemen ermöglicht. Dies gilt sowohl für Einzelfahrscheine als auch für Zeitkarten (z. B. Monatskarte).

Diese Einbindung in die Tariflandschaft des ÖPNV ist für potenzielle regelmäßige Nutzerinnen und Nutzer (z. B. Pendlerinnen und Pendler) wichtig, sodass diese eine urbane Seilbahn als „normales“ ÖPNV-Verkehrsmittel akzeptieren. Studien zeigen, dass die Integration urbaner Seilbahnen in die Verbundtarife essenziell für die Fahrgäste ist und eigenständige Sondertarife als Barriere gesehen werden.

Eine formale Vorgabe zur Integration urbaner Seilbahnen in den ÖPNV ergibt sich auch aus den Förderbedingungen des GVFG (vgl. Kapitel 7.3). Darin wird gefordert, dass das zu fördernde Vorhaben in einem Nahverkehrsplan oder einem für die Beurteilung gleichwertigen Plan vorgesehen ist (vgl. § 3 Nr. 1 b) GVFG).



Einseilumlaufbahn „Mi Teleférico“ in La Paz (Bolivien)

4

Exemplarische Realisierung eines Seilbahnprojektes

4.1 Projektablauf (zeitlicher Ablauf, erforderliche Schritte, Meilensteine)

Für die Umsetzung von Seilbahnprojekten sind in Bezug auf den Projektablauf diverse Herangehensweisen möglich. Ein konkreter Ablauf ist stets projektspezifisch festzulegen.

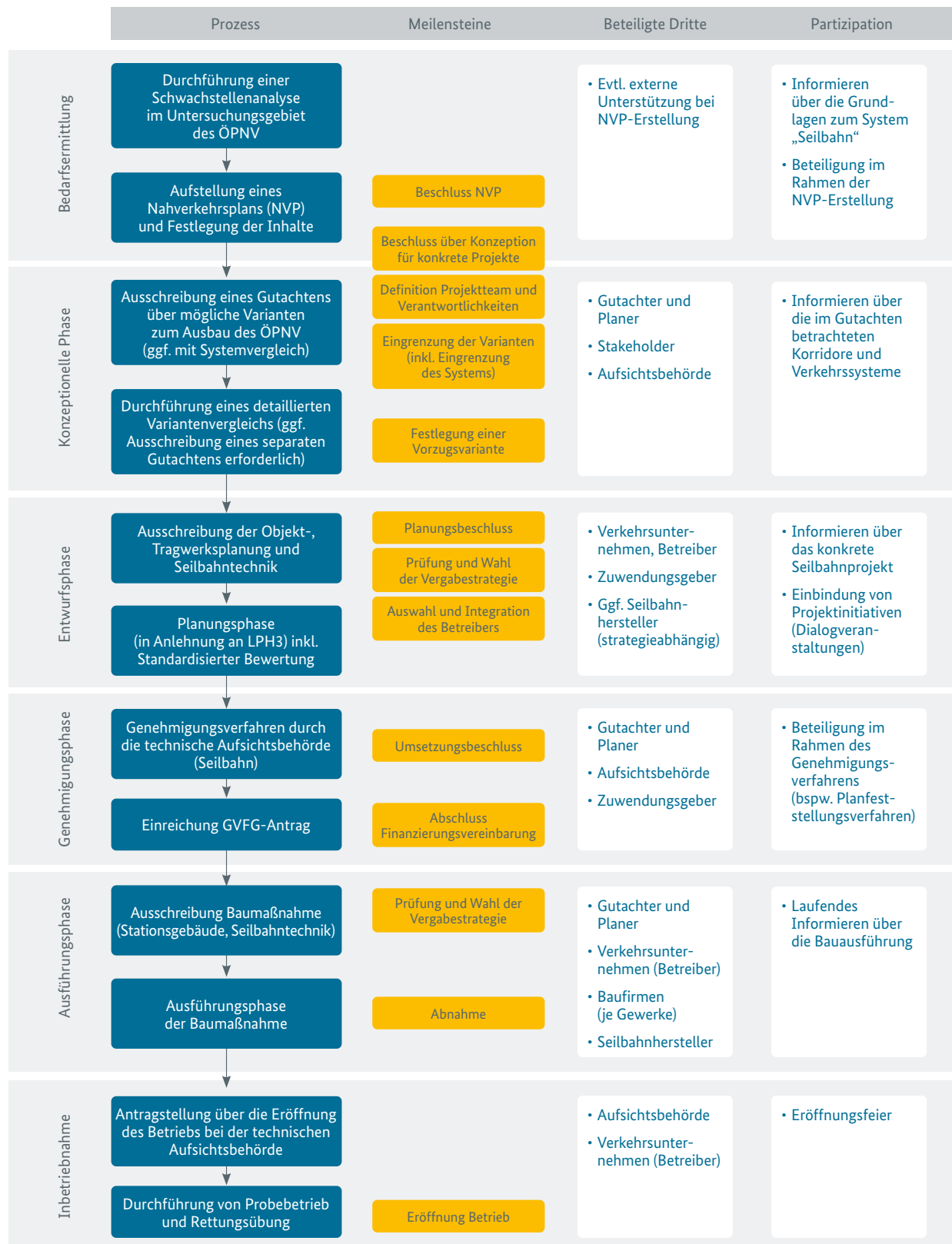
Im Nachfolgenden wird ein exemplarischer Projektablauf dargestellt, welcher als Orientierungshilfe für die Umsetzung von Seilbahnprojekten herangezogen werden kann. In Anlehnung an die Leistungsphasen der Honorarordnung für Architekten und Ingenieure (HOAI) gliedert sich der Projektablauf chronologisch in die Phase der **Bedarfsermittlung**, in die **konzeptionelle Phase** sowie in die **Entwurfs-, Genehmigungs- und Ausführungsphase** bis hin zur **Phase der Inbetriebnahme**. Die dargestellten Inhalte der Projektphasen können zeitlich und inhaltlich variieren und sind kein festgeschriebener Ablauf, welcher zwingend eingehalten werden muss und kann.

Ein gut strukturierter Projektablauf erhöht die Chancen auf die erfolgreiche Realisierung eines Seilbahnprojekts. Aufgrund zahlreicher weiterer Einflussfaktoren ist es aber letztlich auch möglich, dass selbst gut geplante Vorhaben nicht zur Realisierung gelangen. Im Projektablauf sind grundsätzlich stets die rechtlichen Vorgaben und Anforderungen der jeweiligen Bundesländer zu beachten, auf die in diesem Kapitel nur beispielhaft eingegangen werden kann.

Die Phase der Bedarfsermittlung

Unabhängig von der späteren Wahl des Verkehrsmittels, welches im Rahmen eines Gutachtens näher untersucht werden soll, ist zunächst der **Bedarf für eine Erweiterung bzw. eine Optimierung des ÖPNV** im jeweiligen Untersuchungsgebiet zu ermitteln. Die Bedarfsermittlung erfolgt in Form einer Schwachstellenanalyse, welche im Rahmen des Nahverkehrsplans (NVP) durchgeführt wird. Auf Grundlage der Ergebnisse aus der Schwachstellenanalyse werden Zielsetzungen festgelegt und mögliche Handlungsideen und

Abbildung 12:
Exemplarischer Projektablauf



-optionen geprüft. Entsprechende Maßnahmen werden abschließend priorisiert. Hiermit soll eine Grundlage für die Gestaltung des ÖPNV und für ein abgestimmtes Vorgehen hinsichtlich möglicher Entwicklungsschritte geschaffen werden.

Die rechtlichen Vorgaben und Anforderungen für die Erstellung, die Inhalte und die Umsetzung des NVP sind über das Personenbeförderungsgesetz (PBefG) geregelt. Hierbei liegt die Zuständigkeit beim ÖPNV-Aufgabenträger (Länder bzw. Stadt-/Kreisverwaltung und Zweckverbände). Diese lassen sich bei Bedarf durch Dritte unterstützen. Mit dem Beschluss durch das politische Gremium wird der NVP verabschiedet.

Empfohlene Maßnahmen der Partizipation:

Grundsätzlich, und somit auch im Rahmen dieser frühen Phase, sind die Bürgerinnen und Bürger über die Grundlagen des Systems urbane Seilbahn aufzuklären und zu informieren. Dies kann beispielsweise über projektunabhängige Informationsveranstaltungen erfolgen oder über andere transparente Kommunikationsmaßnahmen. Es ist rechtzeitig zu prüfen, ob die Bürgerinnen und Bürger bereits im Rahmen des Prozesses zur Erstellung des Nahverkehrsplans, ggf. aufgrund landesrechtlicher Vorgaben, miteinbezogen werden müssen. Unabhängig von rechtlichen Pflichten verstärkt die Einbindung das Verständnis und somit auch die Akzeptanz möglicher Handlungsoptionen.

Die konzeptionelle Phase

Mit dem Beschluss über die Konzeption konkreter Projekte wird im Rahmen der konzeptionellen Phase das **Gutachten** zur Untersuchung der Optimierungs- und Ausbaumöglichkeiten im Untersuchungsgebiet (z. B. in Form einer Machbarkeitsstudie) ausgeschrieben, beauftragt

und erstellt. Bereits zu diesem Zeitpunkt ist das **Projektteam** inklusive Gutachter und Planer (vgl. Kapitel 4.3) zu bestimmen. Es ist darauf zu achten, dass ausreichend personelle Kapazitäten verfügbar sind, um einen optimalen Projektablauf sicherzustellen.

Inhalt der Studie sollte die **Potenzialermittlung, die Infrastruktur- und Betriebsplanung sowie die Wirtschaftlichkeitsbetrachtung des Verkehrssystems** sein. Je nach Erfordernis ist in diesem Zusammenhang auch ein **Systemvergleich** im Hinblick auf die Auswahl des geeignetsten Verkehrsmittels durchzuführen. Ein Systemvergleich ist dann sinnvoll, wenn grundsätzlich der Einsatz verschiedener Verkehrsmittel infrage kommt, um den verkehrlichen Bedarf an dieser Stelle zu decken. Im Ergebnis des Gutachtens sollen die Varianten zur Optimierung und zum Ausbau des Untersuchungsgebiets eingegrenzt werden (inklusive Festlegung des Verkehrsmittels). Im weiteren Projektablauf gehen wir nun davon aus, dass der Einsatz einer urbanen Seilbahn im betrachteten Untersuchungsgebiet das größte Potenzial bietet.

Durch einen umfassenden **Variantenvergleich** soll abschließend die Entscheidung für eine Vorzugsvariante getroffen werden. Gegebenenfalls ist für dieses Gutachten ein separater Auftrag zu erteilen.

Empfohlene Maßnahmen der Partizipation:

Die Bürgerinnen und Bürger sind über die Zielsetzung und die Inhalte des Gutachtens (unter anderem über die zu betrachtenden Korridore und Verkehrssysteme) zu informieren. Durch eine projektbegleitende Information und Kommunikation über das Vorhaben soll den Interessenten die Möglichkeit zur Teilhabe

geboten werden („das Projekt findet nicht hinter verschlossenen Türen statt“).

Die Entwurfsphase

Mit der Vorlage des **Planungsbeschlusses** ist im Vorfeld zur Entwurfsphase die **Vergabestrategie für die Planungsleistungen** zu prüfen und festzulegen. Entsprechend dieser Festlegung wird die Objekt- und Tragwerksplanung sowie die Seilbahntechnik ausgeschrieben und beauftragt. In Anlehnung an Leistungsphase 3 und 5 der HOAI erfolgt anschließend die Planung des Seilbahnsystems. Mit Beginn der Planungsphase ist der Betreiber des Systems auszuwählen und in den Projektablauf miteinzubeziehen, gegebenenfalls ist auch der projektbeteiligte Seilbahnhersteller zu integrieren.

Parallel zur Planungsphase ist die **Standardisierte Bewertung** unter Einbindung der Zuwendungsgeber durchzuführen.

Empfohlene Maßnahmen der Partizipation:

Die Bürgerinnen und Bürger sind in dieser Phase über den Projektablauf zu informieren und z. B. in Form von Dialogveranstaltungen einzubeziehen, um offene Fragen zu klären und gegebenenfalls Bedenken auszuräumen.

Die Genehmigungsphase

Die rechtlichen Vorgaben hinsichtlich des Inverkehrbringens und des Handels mit Seilbahnteilsystemen und Sicherheitsbauteilen erfolgen unmittelbar auf Grundlage europäischen Rechts. Die Genehmigung, der Betrieb, die Überwachung und die Aufsicht über die Seilbahnen werden über die Landesseilbahngesetze geregelt (vgl. Kapitel 3.4).

Grundsätzlich sind stets die rechtlichen Vorgaben und Anforderungen der jeweiligen Bun-

desländer zu beachten. Gutachterinnen und Gutachter sowie Planerinnen und Planer sind in den Genehmigungsprozess miteinzubeziehen.

Parallel zum Genehmigungsprozess ist der Förderantrag gemäß GVFG einzureichen. Sobald der Umsetzungsbeschluss für den Bau und den Betrieb der Seilbahn vorliegt, erfolgt der Abschluss der Finanzierungsvereinbarung.

Maßnahmen der Partizipation: Als Maßnahme der formellen Bürgerbeteiligung ist die Bevölkerung im Rahmen des Genehmigungsprozesses miteinzubeziehen und anzuhören.

Es besteht in der Regel eine gesetzliche Anhörungspflicht der Öffentlichkeit aufgrund der Landesverwaltungsverfahrensgesetze, wenn das Vorhaben planfeststellungspflichtig ist. Wenn das Vorhaben ggf. aufgrund landesrechtlicher Vorgaben einer Umweltverträglichkeitsprüfung unterzogen werden muss, besteht ebenfalls eine Pflicht zur Öffentlichkeitsbeteiligung.

Die Ausführungsphase

Die Ausführung der Seilbahnstationen und -technik erfolgt gemäß den gültigen Rechtsgrundlagen und technischen Normen. Nähere Informationen hierzu finden sich in den entsprechenden nachfolgenden Kapiteln. Projektbeteiligte dieser Phase sind unter anderem die Betreiber, die Gutachterinnen und Gutachter sowie Planerinnen und Planer, die Baufirmen sowie die Seilbahnhersteller.

Empfohlene Maßnahmen der Partizipation:

Die Bevölkerung ist weiterhin transparent über den Projektablauf zu informieren.

Die Phase der Inbetriebnahme

Vorbereitend zur Inbetriebnahme ist der Antrag zur Betriebseröffnung bei der technischen Aufsichtsbehörde zu stellen. Parallel sind der Probetrieb und ggf. Rettungsübungen durchzuführen, um entsprechende Abläufe abschließend zu prüfen und sicherzustellen. Projektbeteiligte dieser Phase sind unter anderem die Betreiber, die Gutachterinnen und Gutachter sowie Planerinnen und Planer, die Baufirmen sowie die Seilbahnhersteller.

4.2 Struktur beim Vorhabenträger

In Deutschland gibt es bislang wenige Erfahrungen mit urbanen Seilbahnprojekten, die über den Status einer Machbarkeitsstudie hinausgehen. In den Gesprächen mit den Verwaltungen der sechs „Überfliegerstädte“ konnten jedoch aufschlussreiche Erkenntnisse gewonnen werden, die bei der Bearbeitung und Entwicklung eines solchen Projekts zu berücksichtigen sind.

Grundsätzlich kann die Seilbahn beim Vorhabenträger wie andere Verkehrsmittel behandelt werden. Es gilt jedoch, dass es sich auch bei einer urbanen Seilbahn um ein **infrastrukturelles Großprojekt** handelt. Um dieses Projekt erfolgreich bewältigen zu können, ist in der Verwaltung eine entsprechende Organisation aufzubauen. Diese muss dem Umfang des Projekts angemessen sein. Zwingend ist ein Projektverantwortlicher zu benennen.

Zusätzlich tragen begleitende Projektgruppen bzw. Arbeitskreise zum erfolgreichen Fortschreiten des Projekts bei. Es ist stets eine große Herausforderung, die unterschiedlichen Beteiligten, deren Denkweisen und Anforderungen zu koordinieren. Durch die frühe Einbindung fachbe-

reichsübergreifender Akteure in die Planung kann jedoch zum einen gegenseitiges Verständnis für die vertretenen Interessen geschaffen und zum anderen die jeweilige Expertise in die Planung miteinbezogen werden. Der Teilnehmerkreis kann hierbei weiter gefasst und variiert werden. Ist der potenzielle Betreiber der Seilbahn bekannt, sollte er auch von Anfang an miteinbezogen werden. Einerseits kann so vorhandenes Know-how genutzt werden. Andererseits ist eine urbane Seilbahn in der Regel, insbesondere bei kommunalen Verkehrsbetrieben, ein **neues Verkehrssystem** innerhalb des Unternehmens. Durch die frühzeitige Einbindung wird das Verkehrsunternehmen von Anfang an mitgenommen und Widerstände können abgebaut werden. Darüber hinaus sind, vor allem mit Blick auf die jeweiligen Schutzgüter, die Vertreter anderer Ämter miteinzubeziehen. Zusätzlich können je nach zu klärender Fragestellung weitere Akteure (auch temporär) miteinbezogen werden.

Da die urbane Seilbahn erst in den vergangenen Jahren vermehrt in den Fokus der Verkehrsplanung gerückt ist, war sie bei vielen Verkehrsplanern noch nicht Teil ihrer Ausbildung, wodurch Informationsdefizite gegenüber diesem Verkehrsmittel bestehen. Diese werden in Zukunft abnehmen und auch dieser Leitfaden soll zum besseren Verständnis von Seilbahnen beitragen. Wie bei allen Projekten ist projektspezifisch zu prüfen, welche externen Dienstleister bzw. Ingenieurbüros darüber hinaus miteingebunden werden sollten. Die richtige Auswahl des Büros ist hierbei oft der erste Schritt des Projekts, bei dem sowohl dessen Fachkompetenz als auch dessen Hintergrund zu berücksichtigen sind.

4.3 Beteiligte Akteure/Auftragnehmer

Im Rahmen der Projektinitiierung und spätestens ab dem Zeitpunkt der Planungsphase muss ein interdisziplinäres und qualifiziertes **Projektteam** zusammengestellt werden. Aufgrund der verschiedenen Aspekte, die im Rahmen der Projektinitiierung betrachtet werden müssen, ist es sinnvoll, Expertinnen und Experten der folgenden Disziplinen zu involvieren: Seilbahnplanung, Verkehrsplanung, Stadtplanung und/oder Architektur, Öffentlichkeits- und Bürgerbeteiligung sowie Projektsteuerung und -koordination. Gegebenenfalls ist es außerdem sinnvoll, eine Umweltgutachterin bzw. einen Umweltgutachter sowie eine Juristin bzw. einen Juristen hinzuzuziehen. Insbesondere zu Beginn kann auf die Inhalte eines Projekts erheblichen Einfluss genommen werden. Dementsprechend ist es notwendig, betroffene Stakeholder frühzeitig zu identifizieren und in den Planungsprozess miteinzubinden.

4.4 Bauherr und Betreiber

Seilbahnprojekte können durch die öffentliche Hand oder die Privatwirtschaft oder eine Kooperation aus beiden durchgeführt werden. Es ist **zwischen dem Bauherrn der Seilbahn und dem späteren Betreiber zu unterscheiden**. Hierbei kann es sich um das gleiche Unternehmen oder um unterschiedliche Unternehmen handeln.

Besteht ein allgemeines Verkehrsbedürfnis in einer Stadt, tritt meist die öffentliche Hand bzw. öffentliche Unternehmen (Stadtwerke etc.) als Bauherr einer urbanen Seilbahn auf. Dies dürfte der Regelfall sein. Da Seilbahnen gut geeignet sind, einen peripher gelegenen Verkehrserzeuger zu erschließen, kann es sich aber auch anbieten,

dass der Eigentümer dieses Verkehrserzeugers als Bauherr auftritt, um seine Erschließung zu verbessern. Private Investoren als Bauherren einer urbanen Seilbahn sind jedoch eher die Ausnahme. In der Regel beschränkt sich das Investorenmodell auf spezielle Seilbahnaufgaben (Veranstaltungsseilbahnen). Auch eine Kooperation aus privatem Investor und öffentlicher Hand in Form einer öffentlich-privaten Partnerschaft ist ein mögliches Bauherrenmodell.

Die **Übernahme des Betriebs** ist ebenfalls sowohl durch die öffentliche Hand – in Form eines **kommunalen Verkehrsunternehmens** – oder durch ein **privates Verkehrsunternehmen** möglich. Wichtig bei der Wahl des Betreibers ist dessen Eignung und Fachkunde für den Seilbahnbetrieb. Wird eine Seilbahn durch das kommunale Verkehrsunternehmen betrieben, ist die Seilbahn in den meisten Fällen – neben Bus, Tram, U- oder S-Bahn etc. – ein neues und zusätzliches Verkehrssystem. Die erforderliche Fachkunde muss zunächst innerhalb des Unternehmens aufgebaut werden, indem Personal entsprechend geschult oder neu eingestellt und trainiert wird (zu den Anforderungen an das Personal vgl. Kapitel 6.2.3 und 6.2.5). Kann das kommunale Verkehrsunternehmen den Nachweis der Eignung und Fachkunde nicht erbringen oder wäre dies mit zu großem Aufwand verbunden, kann ein privates Verkehrsunternehmen mit Erfahrung im Seilbahnbetrieb als Alternative in Betracht gezogen werden.

Unabhängig vom gewählten Bauherrn und Betreiber ist die Kooperation und Abstimmung zwischen allen am Projekt Beteiligten sicherzustellen.



Exkurs 2: Autonomer Betrieb

Aus Gründen der Effizienzsteigerung und Kosteneinsparung rückt der autonome Betrieb von Seilbahnen immer stärker in den Fokus. Erste Anlagen ohne örtliches Personal wurden bereits realisiert (z. B. „Gondelbahn Kümme“ in Zermatt/Schweiz). Der autonome Betrieb ermöglicht Personaleinsparungen, da die Seilbahn prinzipiell ohne menschliche Aktivität verkehren kann. Das bedeutet jedoch nicht, dass der Betrieb einer Seilbahn gänzlich ohne Personal möglich ist. Zum einen erfordert eine autonome Seilbahn ein Kontrollzentrum, von dem aus sie überwacht werden kann. Kommt es zu einer Störung im Betriebsablauf, beispielsweise, weil ein Fahrgast in einer Tür festklemmt, wird die Anlage automatisch abgeschaltet. Sie muss dann aus dem Kontrollzentrum wieder in Gang gesetzt werden. Im Kontrollzentrum ist daher geschultes Personal erforderlich. Befinden sich mehrere Seilbahnen in räumlicher Nähe zueinander, können diese aus einem gemeinsamen Kontrollzentrum überwacht werden, was sich positiv auf die Personalkosten auswirkt.

Um einen sicheren autonomen Betrieb zu gewährleisten, sind technische Sicherungsmaßnahmen an der Anlage erforderlich. Dies sind vor allem Bahnsteigtüren, die den Wartebereich vom Fahrweg trennen und sich nur öffnen, wenn eine Kabine zum Einstieg bereitsteht. Zudem muss der Stationsbereich videoüberwacht sein und durch Sensoren sichergestellt werden, dass z. B. im Türbereich eingeklemmte Personen oder Gegenstände sofort erkannt werden und die Anlage stillgesetzt wird.

Zum anderen fallen Wartungs- und Instandhaltungsarbeiten bei autonom betriebenen Seilbahnen in gleichem Maße an. Das Personal für diese Aufgaben muss somit in jedem Fall vorgehalten werden, unabhängig von der Betriebsart der Seilbahn. Diese Kosten müssen bei einer Kalkulation der Betriebskosten berücksichtigt werden.

4.5 Maßnahmen der Partizipation

Der Wunsch der Bürgerinnen und Bürger, über lokale Vorhaben informiert und hieran beteiligt zu werden, besteht grundsätzlich bei Infrastrukturprojekten. Demnach handelt es sich hierbei nicht um einen seilbahnspezifischen Sachverhalt. Begründet ist dieser Umstand unter anderem durch die gesellschaftliche Organisation in

Deutschland. Bei der Entscheidungsfindung in einer pluralistischen Ordnung nach demokratischen Prinzipien sind in der Regel viele Akteure involviert, die jeweils unterschiedliche Ansichten vertreten. Hierbei besteht hohe Bereitschaft, sich sowohl für, aber auch gegen ein Projekt auszusprechen. Entsprechend sind Ablehnung und Skepsis bei der Einführung neuer Sachverhalte nicht unwahrscheinlich.

Ob eine urbane Seilbahn als vollwertiges Verkehrsmittel im Personennahverkehr **akzeptiert** und schließlich auch genutzt wird, ist abhängig von der persönlichen Empfindung in Bezug auf Benutzerfreundlichkeit, Sicherheit und mögliche Einschränkungen der eigenen Privatsphäre.

Für eine zielgerichtete und möglichst ungehinderte Umsetzung einer urbanen Seilbahn sind umfassende Maßnahmen der **Information und Partizipation** (Information und Beteiligung der Bürgerinnen und Bürger) im Rahmen des Projektablaufs zwingend erforderlich. Gemeinsam mit Expertinnen und Experten für Öffentlichkeitsbeteiligung ist vorab zu definieren, an welchem Punkt im Projektablauf welche konkreten Maßnahmen für Information und Partizipation sinnvoll eingesetzt werden können. Zur Orientierung können die Inhalte bestehender Leitfäden herangezogen werden (z. B. Bundesministerium für Verkehr und digitale Infrastruktur [BMVI], 2014: „Handbuch für eine gute Bürgerbeteiligung – Planung von Großvorhaben im Verkehrssektor“). Im Vergleich zu anderen Infrastrukturprojekten sind Information und Aufklärung zunächst in den Vordergrund zu stellen. Viele Bürgerinnen und Bürger verbinden das Verkehrsmittel der urbanen Seilbahn weiterhin mit alpinem Freizeitsport. Vorteile beim Einsatz im urbanen Raum sind gegebenenfalls nicht bekannt. Durch die grundlegende Information zu diesem Thema (noch projektunspezifisch) können das Wissen und das Empfinden über den Einsatz einer urbanen Seilbahn bereits verbessert werden.

Im Gespräch mit den Bürgerinnen und Bürgern in Deutschland hat sich gezeigt, dass Information und Beteiligung im konkreten Projekt **so frühzeitig wie möglich** gewünscht sind. Gleichzeitig ist zwingend anzumerken, dass die Projektinhalte

und Kennwerte, vor allem der Trassenverlauf oder die Kosten des Projekts, bei (zu) früher Einbindung noch nicht konkret und erst recht nicht final benannt werden können. Erst im weiteren Projektverlauf (vertiefte Untersuchung und Planung) können diese verifiziert und konkret dargestellt werden. Es besteht die Gefahr, dass sich die Öffentlichkeit auf die erstgenannten Aussagen und Zahlen bezieht und beruft, was bei Änderungen im Zuge der Projektfortschreibung ein negatives Stimmungsbild erzeugen kann. Daher sind in der frühzeitigen Kommunikation von möglichen Trassenverläufen und ersten Kostenschätzungen zwingend erläuternde Einordnungen notwendig.

Die Idee einer urbanen Seilbahn wird oft öffentlich kommuniziert, bevor ihre Eignung für den Anwendungsfall geprüft wurde. Sofern sich Ideen als ungeeignet erweisen oder diese nicht weiterverfolgt werden, wirkt sich dies negativ auf die öffentliche Wahrnehmung von Seilbahnen als urbanes Verkehrsmittel aus. Ein solches Vorgehen ist zu vermeiden.

Weiterhin ist in der Kommunikation nach außen deutlich herauszustellen, dass eine urbane Seilbahn nicht um jeden Preis umgesetzt werden soll, sondern dass im Rahmen von Voruntersuchungen und Machbarkeitsstudien alle potenziellen Verkehrsmittel betrachtet wurden und die urbane Seilbahn eine Lösungsmöglichkeit sein kann. Die Vorteile urbaner Seilbahnen müssen fundiert erläutert werden, beispielsweise mit Blick auf den Klimaschutz, die Kosten für Bau und Betrieb und die Auswirkungen auf das Umfeld. Der prinzipielle Bedarf an Verkehrsmitteln mit einem geringen ökologischen Fußabdruck ist im allgemeinen Bewusstsein der Bevölkerung ausgeprägter als noch vor einigen Jahren. Mit Blick auf den

Klimawandel wird sich dieses Bewusstsein in Zukunft noch weiter schärfen.

Aufgrund des Einspruchs oder Widerstands von unmittelbar Betroffenen können sich Infrastrukturprojekte verzögern oder gar scheitern. Personen, die einem Projekt eher negativ gegenüberstehen, mobilisieren erfahrungsgemäß schneller und konsequenter, als dies Befürworter tun. Projektaufgeschlossene oder neutral Eingestellte verzichten meistens auf ihr Recht, sichtbar Position zu beziehen. Dies sollte berücksichtigt werden, um möglichst alle Gruppen aktiv in die Kommunikation und den prozessbegleitenden Dialog miteinzuschließen. Der Austausch und die Aufklärungsarbeit mit Befürwortern und Projektgegnern sollte in jedem Fall stattfinden, um beiden Personengruppen Gehör zu verschaffen und somit gegebenenfalls zu einem ausgeglichenen Stimmungsbild beizutragen.

Der Personenkreis, der die urbane Seilbahn grundsätzlich ablehnt, kann generell nur schwer von diesem Verkehrsmittel überzeugt werden. Jedoch ist es wichtig, den gesamtgesellschaftlichen Vorteil nicht von Einzelinteressen überlagern zu lassen.

Generell gilt, dass das Überschweben von privaten Wohngrundstücken möglichst verhindert werden sollte, um die Ablehnung von Seilbahnen zu reduzieren. Beispielsweise sollte bei der Neuentwicklung von Wohngebieten frühzeitig kommuniziert werden, ob und auf welcher Trasse eine Seilbahnanbindung realisiert wird, um die Akzeptanz von Grundstückseigentümerinnen und -eigentümer bzw. Anwohnerinnen und Anwohner zu erhöhen. Gebietsentwicklerinnen und Gebietsentwickler sind somit von Anfang an miteinzubeziehen.



Exkurs 3: Best-Practice-Beispiel (Öffentlichkeitsbeteiligung mit den „Überfliegerstädten“)

Die Wahl der Partizipationsmethode[-n] ist abhängig vom Projekt und im besten Fall mit Expertinnen und Experten der Öffentlichkeitsarbeit auszuwählen und umzusetzen. Nachfolgend soll eine mögliche Methode der Partizipation vorgestellt werden, welche im Rahmen der Ausarbeitung des vorliegenden Leitfadens erfolgreich ein- und umgesetzt wurde:

Gemeinsam mit dem BMDV wurden insgesamt sechs deutsche Städte ausgewählt, welche im Hinblick auf standortspezifische Seilbahnprojekte bzw. Projektideen analysiert wurden. Die Auswahl der Städte erfolgte einerseits anhand geografischer Kriterien, nämlich einer möglichst guten Verteilung über das gesamte Bundesgebiet. Andererseits wurde berücksichtigt, inwieweit sich die einzelnen Städte bereits mit der Einführung einer urbanen Seilbahn beschäftigt haben. Aus diesem Grund wurden die Städte Bonn, Kiel, Leipzig, Frankfurt, Stuttgart und München als ausgewählt. Für die Beschreibung des Zielbildes wurden die ausgewählten Städte „Überfliegerstädte“ bezeichnet (gemeint ist einerseits eine Vorreiterrolle, welche durch die Städte im Hinblick auf die Untersuchung/Realisierung innovativer Mobilitätsformen eingenommen wird, andererseits die Fortbewegungsart einer urbanen Seilbahn: Überschweben bzw.

Überfliegen). Neben einem Workshop auf Verwaltungsebene, in welchem über bisherige Erfahrungen und konkretere Planungen gesprochen wurde, wurde eine Dialogveranstaltung mit Bürgerinnen und Bürgern der jeweiligen Stadt veranstaltet. Hierbei wurden in Zusammenarbeit mit der jeweiligen Stadtverwaltung per Zufallsprinzip zwischen 300 und 600 Bürgerinnen und Bürger ausgewählt und postalisch angefragt, ob Interesse zur Teilnahme an der Dialogveranstaltung besteht. Datenschutzrechtliche Vorgaben (unter anderem Art. 6 Abs. 1 lit e) – Datenschutz-Grundverordnung) sind in diesem Zusammenhang zwingend einzuhalten. Bei Interesse konnten sich die Bürgerinnen und Bürger unter freiwilliger Weitergabe ihrer E-Mail-Adresse zur Veranstaltung anmelden.

Auf den Veranstaltungen wurden grundlegende Informationen zum Thema der urbanen Seilbahn ausgetauscht und diskutiert. Stadtspezifische Projekte und Überlegungen waren kein Bestandteil. Dieser Sachverhalt wurde bereits während der Vorbereitungsphase offen kommuniziert. Ziele waren Information und Aufklärung der interessierten Teilnehmerinnen und Teilnehmer sowie der offene Dialog zwischen den Initiatoren und den Bürgerinnen und Bürgern zu ausgewählten Themenfeldern.

Aufgrund der zu diesem Zeitpunkt vorherrschenden Coronasituation wurde die Veranstaltung hybrid abgehalten. Über einen Livestream, eine Chatfunktion, ein Umfragetool und die Möglichkeit zur aktiven Teilhabe wurden

Fragen und Anmerkungen gesammelt und beantwortet. In Kleingruppen wurden die spezifischen Themenfelder Städtebau, Verkehr, Öffentlichkeitsbeteiligung und Umwelt thematisiert. Dabei wurden Meinungen erfragt, Bedenken und Hemmnisse diskutiert. Die Ergebnisse wurden abschließend unter Beteiligung aller Teilnehmenden vorgestellt.

Das Feedback der Bürgerinnen und Bürger war sehr positiv. Die Möglichkeit zur Teilhabe und zur aktiven Äußerung persönlicher Meinungen wurde geschätzt. Es wurde deutlich, dass neben dem Interesse für stadtspezifische Projekte und Überlegungen eine transparente Information und Aufklärung – zu Funktionsweisen, Vor- und Nachteilen einer urbanen Seilbahn – überaus wichtig ist, um mehr Akzeptanz vonseiten der Bürgerinnen und Bürger zu erwirken. Dies kann über Informations- und Kommunikationskanäle, über Veranstaltungen und Bürgerdialoge geschehen. Die Bürgerinnen und Bürger wünschen sich eine Plattform, über die sie sich informieren sowie aktiv Fragen stellen und Bedenken äußern können. Für wünschenswert und gut befunden wurden Visualisierungen und Simulationen einer Seilbahn im Stadtbild, z. B. per Virtual-Reality-Brille. Die urbane Seilbahn kann auf diese Weise erlebbar gemacht werden.

5

Verkehr, Umwelt und städtebauliche Integration

Urbane Seilbahnen sind eine neue, lineare Infrastruktur innerhalb einer Stadt. Als solche rufen sie viele Wechselwirkungen hervor. Dies bezieht sich sowohl auf die verkehrlichen Wirkungen der Seilbahn, die im Kontext des bereits bestehenden ÖPNV-Angebots zu planen und zu bewerten sind, als auch auf das Umfeld der Seilbahn und die damit verbundene Vielzahl an Schutzgütern, auf die die Seilbahn einwirkt. Schließlich hat die Seilbahn auch Auswirkungen auf das städtebauliche Erscheinungsbild, denn insbesondere Stützen und Seil können – je nach Positionierung und Höhe – weithin sichtbar sein.

All diese Wechselwirkungen sind bei Seilbahnplanungen im Hinblick auf die Anforderungen, die aus den Systemeigenschaften der Seilbahn hervorgehen, zu berücksichtigen. Seilbahnen bieten viele Möglichkeiten, diese Wechselwirkungen positiv zu beeinflussen und so bereits in der Planungsphase die Grundlage für den Erfolg einer urbanen Seilbahn zu schaffen.

5.1 Verkehr

Bevor mit den konkreten Planungen einer Seilbahntrasse begonnen wird, ist die Frage zu klären, was aus verkehrlicher Sicht überhaupt erforderlich ist, also ob ein **verkehrlicher Engpass bzw. eine Verkehrsnachfrage** besteht, die durch eine Seilbahn optimal bedient werden kann.

In Deutschland gibt es bereits ein gut ausgebautes ÖPNV-Angebot, das speziell auf nachfragestarken Relationen attraktive Verbindungen bereitstellt. Hier ist der zusätzliche Einsatz von urbanen Seilbahnen in der Regel nicht sinnvoll, da parallele Angebote zu vermeiden sind. Dennoch bestehen **Lücken** im Angebot, auf denen die bestehende Verkehrsnachfrage nicht angemessen bedient werden kann. Hier gilt es, Lösungen zu finden, zu denen auch urbane Seilbahnen beitragen können.

Bei dieser Lösungssuche dürfen Seilbahnen keine Sonderrolle einnehmen. Sie müssen wie andere Verkehrsmittel behandelt werden, um anhand der **Stärken und Systemgrenzen der Verkehrsmittel** die optimale Lösung des verkehrlichen Problems zu finden. Es ist daher von großer Bedeutung, ein verkehrliches Problem zunächst ergebnisoffen zu untersuchen. Hierbei sollte nicht nur die Seilbahn und ihre verkehrliche Wirkung betrachtet werden. Auch andere Verkehrssysteme sind in den Vergleich miteinzubeziehen. Aufgrund ihrer Systemeigenschaften sind mit urbanen Seilbahnen spezifische Vorteile und Herausforderungen verbunden, welche sie in bestimmten Anwendungsfällen zur optimalen Lösung eines Verkehrsproblems machen. In anderen Fällen können sich andere Verkehrssysteme als bessere Lösung erweisen. Dann sollte nicht an der Planung einer Seilbahn festgehalten werden, sondern die Umsetzung des am besten geeigneten Verkehrssystems vorangetrieben werden.

5.1.1 Verkehrsmodelle

Wie hoch die **Verkehrsnachfrage** auf einer Verbindung ist und welchen Beitrag eine Seilbahn bzw. ein anderes **Verkehrssystem** zur **Lösung** eines Verkehrsproblems beitragen kann, wird mit Verkehrsmodellen untersucht. Bei der Arbeit mit Verkehrsmodellen ist stets darauf zu achten, dass Seilbahnen nicht isoliert betrachtet werden. Die Untersuchung ist immer im Zusammenhang mit anderen, bereits vorhandenen Verkehrssystemen durchzuführen, um die Netzwirkung und die wechselseitigen Einflüsse der Verkehrssysteme abschätzen zu können. Darüber hinaus ist es sinnvoll, mehrere Trassenvarianten zu entwickeln und deren verkehrliche Wirkungen vergleichend zu betrachten, um die geeignetste Trasse zu finden.

Die im Modell ermittelten Ergebnisse der verkehrlichen Rechnungen haben unter anderem Einfluss auf die Dimensionierung (vgl. Kapitel 5.1.2). Grundsätzlich können Seilbahnen in Verkehrsmodellen wie andere Verkehrssysteme behandelt werden. Die Besonderheiten des Verkehrssystems können im Modell abgebildet werden: Der vergleichsweise geringen Reisegeschwindigkeit steht bei Umlaufbahnen mit geringen Fahrtenfolgezeiten ein hohes Fahrtenangebot mit entsprechend geringen Wartezeiten gegenüber. Beide Elemente fließen in die Berechnung der empfundenen Reisezeit, welche den Widerstand einer Fahrt mit dem ÖPNV beschreibt, ein und drücken somit die Attraktivität einer urbanen Seilbahn im Vergleich zu anderen Verkehrssystemen aus.

Eine Besonderheit der Seilbahn ist die – insbesondere bei Umlaufbahnen – vergleichsweise kleine Kabinengröße und die daraus resultierende Begrenzung der Personenzahl. Hierdurch kann es gegebenenfalls zu einer Pulkbildung beim Einstieg kommen, da nicht alle wartenden Personen in eine Kabine einsteigen können. Durch den dichten Takt von Umlaufbahnen baut sich ein Pulk jedoch auch schnell wieder ab. Moderne Verkehrsmodellierungssoftware kann diese Effekte abbilden, indem Zugangsschranken den Einstieg in volle Kabinen verhindern und daraus resultierende Reisezeitverlängerungen berechnet werden.

Eine weitere Besonderheit urbaner Seilbahnen ist der touristische Aspekt. Konventionelle Verkehrsmittel werden genutzt, um ein Ziel zu erreichen. Die Fahrt selbst dient nur dem Beförderungszweck. Da Seilbahnen durch ihre Führung in der +1-Ebene neue Perspektiven auf eine Stadt eröffnen, kann jedoch auch die Fahrt

selbst bereits das Ziel einer Aktivität sein. Fahrten, die nicht zur Fortbewegung unternommen werden, werden in Verkehrsmodellen bislang nicht berücksichtigt. Auch liegen bislang keine

tiefer gehenden Erkenntnisse zur touristischen Wirkung urbaner Seilbahnen und der Abbildung dieses Effekts in Verkehrsmodellen vor.



Exkurs 4: Verkehrssystembonus in der Verkehrsmodellierung

Verschiedene Verkehrssysteme werden von den Fahrgästen als unterschiedlich attraktiv empfunden. Gründe hierfür sind unter anderem die Zuverlässigkeit und der subjektive Fahrkomfort des Systems, aber auch die Einprägsamkeit der Streckenführung. Als attraktiver empfundene Verkehrssysteme haben einen Akzeptanzvorteil und werden von den Fahrgästen bevorzugt genutzt. Die Bewertung der Attraktivität eines Verkehrssystems gegenüber anderen Systemen wird üblicherweise mithilfe von Revealed-Preferences-Analysen (offenbarte Präferenzen) festgestellt. Hierbei wird das Verhalten der Fahrgäste beobachtet und analysiert. Sind keine Revealed-Preferences-Analysen möglich, können Stated-Preferences-Analysen (angegebene Präferenzen) eine Alternative sein. Diese erforschen anhand von Befragungen das Nutzungsverhalten von Verkehrsteilnehmerinnen und -teilnehmern, indem die Befragten beispielsweise gebeten werden, unter verschiedenen Reisemöglichkeiten die von ihnen bevorzugte Variante zu wählen.

In der Verkehrsmodellierung kann die empfundene Attraktivität eines Verkehrssystems über einen verkehrssystemabhängigen

Zuschlag auf die Reisezeit abgebildet werden. Für schienengebundene Verkehrsmittel ist dieser Zuschlag bereits gut erforscht, man spricht vom sogenannten „Schienenbonus“ gegenüber Bussystemen. Wie sich urbane Seilbahnen in der Attraktivität der Verkehrssysteme einordnen, konnte bislang aufgrund der geringen Anzahl umgesetzter Projekte nicht in gleicher Tiefe untersucht werden. Bislang wurde lediglich eine geringe Zahl von Stated-Preferences-Befragungen zu den Verkehrsmittelpräferenzen von Fahrgästen unter Einbeziehung urbaner Seilschwebebahnen durchgeführt. Diese kamen zu dem Ergebnis, dass urbane Seilbahnen attraktiver als Busse empfunden werden, tendenziell aber etwas schlechter als schienengebundene Verkehrsmittel. Diesem Umstand trägt auch die neueste Version der Standardisierten Bewertung Rechnung (vgl. Kapitel 7). Hier wird urbanen Seilbahnen gegenüber Bussen ein Verkehrssystembonus eingeräumt, der mit dem Bonus schienengebundener Verkehrssysteme vergleichbar ist. Dieses Vorgehen ist ein guter Richtwert für die Verkehrsmodellierung.

5.1.2 Verkehrsnachfrage und Verkehrsangebot

Die Verkehrsnachfrage im öffentlichen Personennahverkehr unterliegt im Tagesverlauf üblicherweise gewissen Schwankungen. In der Regel treten zwei Nachfragespitzen im Tagesverlauf auf, am Morgen und am Nachmittag. Die größte Nachfrage tritt in der morgendlichen Spitzenstunde auf, die geringste Nachfrage besteht in den Randstunden. Bei konventionellen Verkehrssystemen wird mit unterschiedlichen Fahrzeuggrößen und Takten auf Nachfrageschwankungen reagiert.

Auch Seilbahnen bieten die Möglichkeit, auf **Nachfrageschwankungen** zu reagieren. Hierbei ist zwischen Pendelbahnen und Umlaufbahnen zu unterscheiden. Bei Pendelbahnen stehen stets die Möglichkeiten einer Geschwindigkeits- oder einer Taktanpassung zur Verfügung, sofern sich diese Anpassungen im Rahmen der technischen Möglichkeiten der Bahn befinden. Bei Umlaufbahnen können drei Betrachtungshorizonte unterschieden werden:

- Im **Tagesverlauf** kann auf Nachfrageschwankungen mit einer Anpassung der Seilgeschwindigkeit reagiert werden. Wird die Geschwindigkeit in Zeiten mit geringerer Nachfrage reduziert, erhöht sich bei gleicher Anzahl der Kabinen und somit bei gleichem Kabinenabstand am Seil einerseits die Fahrtenfolgezeit. Hierdurch sinkt die Kapazität und es kommt zu längeren Reisezeiten. Andererseits können durch geringere Geschwindigkeiten der Energieverbrauch und der Verschleiß reduziert werden (vgl. Exkurs Betriebskostenoptimierung durch Anpassung des Verkehrsangebots im Tagesverlauf, Kapitel 5.1.2). Es ist daher stets abzuwägen, ob die positiven Effekte einer

Geschwindigkeitsreduzierung eine Reisezeitverlängerung rechtfertigen. Der Einfluss einer Reisezeitverlängerung auf die Attraktivität des Verkehrsangebots kann mit einem Verkehrsmodell abgeschätzt werden.

Theoretisch wäre es auch denkbar, die Anzahl der Kabinen am Seil im Tagesverlauf mithilfe von speziellen Weichen im laufenden Betrieb an die Nachfrage anzupassen. Dies hätte den Vorteil, dass sich die Reisezeit trotz Kapazitätsanpassung nur geringfügig durch die geringere Fahrtenfolgezeit verändert. Dieses Verfahren existiert jedoch bislang nur in der Theorie. In der Praxis ist das Herausnehmen oder Hinzufügen bislang mit einem Stillstand der Anlage verbunden, was ohne triftigen Grund zu vermeiden ist.

- Im **Wochenverlauf** kann die eingesetzte Anzahl der Kabinen an unterschiedlichen Tagen anhand der erwarteten Nachfrage variiert werden. So können beispielsweise am Wochenende weniger Kabinen oder an Tagen mit Veranstaltungenverkehren mehr Kabinen ans Seil gehängt werden, sofern die Anlage dafür ausgelegt ist. Die Anzahl der eingesetzten Kabinen muss jedoch vor der Beschickung zu Betriebsbeginn festgelegt werden, da Anpassungen der Kabinenzahl mit Stillstandszeiten verbunden und daher zu vermeiden sind.
- Im **Lebenszyklus** der Anlage kann die Zahl der zur Verfügung stehenden Kabinen zu einem späteren Zeitpunkt erhöht werden, sofern diese Option schon in der Planungsphase mitgedacht und die Anlage entsprechend darauf ausgelegt ist. Spätere Kapazitätsanpassungen sind nicht mehr möglich. Wurde eine entsprechende Dimensionierung geplant, besteht die Möglichkeit,

zunächst ein auf die derzeitige Nachfrage abgestimmtes Angebot bereitzustellen und auf eine mit der Zeit steigende Nachfrage zu reagieren.

Es ist stets zu berücksichtigen, dass die **Verlässlichkeit** des Fahrplans das wichtigste Kriterium für einen attraktiven ÖPNV ist. Spontane Anpassungen an das tagesaktuelle Fahrgastaufkommen sind zu vermeiden. Vielmehr sind fest vorgegebene

ne Geschwindigkeiten und Fahrtenfolgezeiten, die entsprechend in Fahrplänen kommuniziert werden und es den Fahrgästen ermöglichen, ihre Anschlüsse zu planen, unerlässlich, um eine hohe Attraktivität des Systems sicherzustellen. Variationen der Geschwindigkeit zu festen Tageszeiten sind jedoch genauso denkbar wie Variationen der Fahrtenfolgezeit zu unterschiedlichen Wochentagen.



Exkurs 5: Betriebskostenoptimierung durch Anpassung des Verkehrsangebots im Tagesverlauf

Da der Energiebedarf proportional und der Verschleiß der bewegten Elemente quadratisch mit der Seilgeschwindigkeit steigen, hat die Anpassung der Geschwindigkeit direkten Einfluss auf die Betriebskosten der Seilbahn. Bei kuppelbaren Umlaufbahnen reduziert sich mit der Geschwindigkeit auch die Anzahl der Kuppelvorgänge, wodurch die Wartungsintervalle verlängert werden können. (Hinweis: Die Klemmen von kuppelbaren Umlaufbahnen müssen jeweils nach 5.000 Kuppelvorgängen überprüft werden.) Durch die Wahl einer angemessenen Geschwindigkeit können somit die Betriebskosten positiv beeinflusst werden.

Auch über eine angemessene Beschickung kann das Angebot angepasst und Betriebskosten gesenkt werden. Befinden sich an

Tagen mit geringerer Nachfrage weniger Kabinen am Seil, reduziert dies ebenfalls den Energiebedarf der Anlage, allerdings in geringerem Maße als eine Geschwindigkeitsanpassung. Zudem wird der Verschleiß – insbesondere der Klemmen – reduziert, wenn die Zahl der Fahrten leerer Kabinen verringert wird.

Angebotsanpassungen, die sich auf die Reiseketten der Fahrgäste auswirken können, dürfen jedoch nicht tagesaktuell aufgrund der aktuellen Nachfrage erfolgen, sondern nur zu festen, in einem Fahrplan kommunizierten Tageszeiten bzw. Tagen auf Grundlage der zu erwartenden Nachfrage.

5.1.3 Leistungsfähigkeit

Eine angemessene Dimensionierung ist bei jedem Verkehrsprojekt sicherzustellen. Wird das Angebot zu gering dimensioniert, entstehen Kapazitätsengpässe, was sich negativ auf den Komfort und die Attraktivität auswirkt. Wird das Angebot zu groß geplant, entstehen in Bau und Betrieb vermeidbare Kosten. Um die zu erwartende Verkehrsnachfrage abzuschätzen und das Angebot angemessen zu dimensionieren, ist das Seilbahnvorhaben in einem Verkehrsmodell zu berechnen. Dies ist bei urbanen Seilbahnen von besonderer Bedeutung, da nach Fertigstellung der Anlage kein Technologiewechsel mehr möglich ist und auch die baulich bzw. die durch die Wahl des Seilbahnsystems bedingte maximale Gesamtkapazität nicht nachträglich erhöht werden kann. Daher ist ein angemessener Prognosehorizont zu wählen, damit die Anlage den dann vorherrschenden Verkehrsbedürfnissen gerecht werden kann. Die Ergebnisse der verkehrlichen Rechnung bilden die Grundlage der Dimensionierung.

Die Kapazität einer Seilbahn wird daran gemessen, wie viele Personen pro Stunde und Richtung transportiert werden können. Grundsätzlich gibt es mehrere Stellschrauben, die Einfluss auf die Kapazität einer Seilbahn haben und entsprechend angepasst werden können. Hierzu zählen:

- das Seilbahnsystem
- die Kabinengröße
- die Geschwindigkeit
- der Takt

Aufgrund des Stetigfördererprinzips können Umlaufbahnen naturgemäß mehr Fahrgäste transportieren als Pendelbahnen. Zwar können auf Pendelbahnen deutlich größere Kabinen verwendet werden, allerdings kann je Richtung nur eine Kabine bzw. eine Kabinengruppe eingesetzt werden. Daher sinkt die Kapazität mit zunehmender Länge, während die Länge bei Umlaufbahnen keinen Einfluss auf die Kapazität hat.

Maßgebend für die **Dimensionierung** ist die Verkehrsnachfrage in der Spitzenstunde in Lastrichtung. Die Standardisierte Bewertung macht konkretere Angaben, mit welchen Zahlen bei der Dimensionierung zu rechnen ist:

- Für Fahrten, die im Durchschnitt nicht länger als 30 Minuten dauern, was bei urbanen Seilbahnen in der Regel der Fall ist, gilt eine maximale Auslastung von 65 % der Sitz- und Stehplätze, wobei die Zahl der Stehplätze mit vier Personen pro Quadratmeter zu berechnen ist.
- Für Fahrten, die im Durchschnitt länger als 30 Minuten dauern, ist die Kapazitätsgrenze von 100 % der Sitzplätze einzuhalten.

Bei der Dimensionierung sind auch Sonderabstellflächen, beispielsweise für Rollstühle, Kinderwagen oder Fahrräder, angemessen zu berücksichtigen. Bei Einseilumlaufbahnen, deren Kabinen in der Regel vergleichsweise klein sind und keine Stehplätze enthalten, ist zudem zu berücksichtigen, dass bei Benutzung durch einen Rollstuhl oder einen Kinderwagen aufgrund der geringen Kabinengröße mehrere Sitzplätze entfallen. Üblicherweise werden in solchen Kabinen die Kapazitäten auf einen Rollstuhl und eine Begleitperson oder ein Fahrrad und eine

Person beschränkt. Bei Relationen, die ein hohes Aufkommen von Sondernutzungen erwarten lassen, ist dies entsprechend bei der Dimensionierung zu berücksichtigen.

Durch Geschwindigkeitserhöhungen über die üblichen Geschwindigkeiten hinaus sind nur begrenzte Kapazitätssteigerungen möglich. Potenziale im Hinblick auf eine Kapazitätserhöhung bestehen in der Regel bei den Kabinenfolgezeiten. Diese haben allerdings, wie auch die Geschwindigkeiten, einen Einfluss auf die Stationsgrößen.

Die Nutzung urbaner Seilbahnen muss nicht auf den Personenverkehr beschränkt sein. Auch eine kombinierte Personen- und Güterbahn ist im urbanen Raum denkbar. Hierbei können entweder gemischte Kabinen für den Personen- und Güterverkehr oder jeweils reine Personen- und Güterkabinen eingesetzt werden. Insbesondere für Kurier-, Express- und Paket-Dienstleister (KEP) können sich hierdurch neue Möglichkeiten ergeben, indem die Güter von außerhalb mit der Seilbahn zu einem zentral gelegenen Terminal transportiert werden, von wo aus sie mit kurzen Wegen ans Ziel gebracht werden können.

5.2 Umwelt

Ebenso wie die konventionellen Verkehrsmittel im ÖPNV hat auch die Seilbahn einen gewissen Einfluss auf die ökologischen und ökonomischen Aspekte in ihrem Umfeld. Um als nachhaltiges Verkehrsmittel zu gelten, ist zunächst der gesamte Lebenszyklus der urbanen Seilbahn zu bewerten.

5.2.1 Nachhaltigkeit

Nachhaltigkeit und eine nachhaltige Entwicklung bedeuten, die Bedürfnisse der Gegenwart so zu erfüllen, dass künftige Generationen nicht belastet werden. Dabei ist es wichtig, die drei Dimensionen der Nachhaltigkeit – wirtschaftlich effizient, sozial gerecht, ökologisch tragfähig – in einem gleichberechtigten Verhältnis zu sehen. Eine ausgewogene Betrachtung und Abwägung der drei Säulen Ökologie, Ökonomie und Soziales muss durchgeführt werden.

Für eine solche vollständige Gesamtschau und Bewertung von urbanen Transportsystemen muss der Bilanzierungsrahmen den gesamten Lebenszyklus umfassen. Es müssen alle Faktoren, Einflüsse und Maßnahmen erfasst und hinsichtlich der verfügbaren Nachhaltigkeitskriterien, beispielsweise der Sustainable Development Goals (SDGs) der Vereinten Nationen (UN), bewertet werden, die vor, während und nach dem Systembetrieb bzw. Bau von Infrastruktur und Gebäuden erzeugt werden:

- Rohstoffgewinnungsphase: die Lieferung aller Materialien, die Vorverarbeitungsschritte der Zulieferer sowie der Transport vom Zulieferer bis zur Produktionsstätte des Herstellers bzw. zu den Baufirmen
- Herstellungsphase: die zur Produktion erforderlichen Hilfsmittel und der nötige Energieaufwand
- Transportphase einschließlich Montage: die transportbedingten Emissionen vom Werkstor des Herstellers, Baustofflieferanten bzw. des Bauunternehmers bis zum Nutzungs-ort, einschließlich der Emissionen, die durch Montage und Installation entstehen

- Nutzungsphase einschließlich Wartung: der für den Betrieb sowie für Wartungsarbeiten erforderliche Energieverbrauch der technischen sowie infrastrukturellen Einrichtungen
- Entsorgungsphase: Stilllegung der Anlage und die dazugehörigen Transporte und Nachbearbeitungen des Rückbaus

Das technische System, die Infrastruktur und die Gebäude müssen hinsichtlich ihres ökologischen, ökonomischen und sozialen Fußabdrucks bewertet werden. Gängige Praxis ist hierfür das Life Cycle Assessment (LCA) als transparentes Werkzeug zur Messung und Bewertung der CO₂-Emissionen sowie das Life Cycle Costing (LCC). Hierbei wird grundsätzlich der gesamte Lebenszyklus betrachtet. Die sozialen Aspekte werden über humanzentrierte Auswirkungen gemessen bzw. bewertet.

Ökologie

Durch den Einsatz von 100 % elektrischer Energie im Normalbetrieb sind Seilbahnen im Hinblick auf Luftschadstoffe **lokal emissionsfrei**. Nur im Notfall (z. B. Stromausfall) wird ein Dieselnotantrieb für die Räumung der Seilbahn eingesetzt. Da Seilbahnen hoch in der Luft schweben, produzieren sie auch keine wahrnehmbare Feinpartikelbelastung auf dem Boden.

Da Kabinenumlaufbahnen keine aufgeständerte Fahrwegstruktur besitzen und lediglich der Bau der Stationen und Stützen Flächen am Boden in Anspruch nimmt, weisen sie in der Gesamtbetrachtung einen äußerst **geringen Flächenverbrauch** und damit einhergehend eine **geringe Flächenversiegelung** auf. Generell hängen die Platzanforderungen für Stationen und Stützen sehr stark von der eingesetzten Seilbahntechno-

logie ab. Aufgrund der stationären Beschleunigungs- und Verzögerungseinheiten können die notwendigen Stationen jedoch beträchtliche Dimensionen annehmen. Hingegen ist der Flächenverbrauch je Stütze am Boden gering. Die durch Straßen- oder Schieneninfrastruktur hervorgerufene Trennwirkung fällt bei Seilbahnen fast vollkommen weg. Generell werden urbane Seilbahntrassen hoch geführt, damit unter ihnen eine möglichst große Flexibilität bei zukünftigen Bauaktivitäten erhalten bleibt. Im urbanen Raum werden zur Reduzierung der Einschränkungen auf den bestehenden Individualverkehr die Stationsgebäude unter Berücksichtigung der bestehenden Infrastruktur häufig in einer aufgeständerten Bauform realisiert (+1-Ebene). Durch die Erschließung einer zweiten Verkehrsebene erhält eine Seilbahn das unter ihr befindliche Bauland und ermöglicht damit eine multifunktionale Raumnutzung. Es muss jedoch stets beachtet werden, dass die Betriebssicherheit der Seilbahn durch die Nutzung unterhalb der Seilbahntrasse nicht beeinträchtigt wird.

Ein weiterer Vorteil liegt im schnellen und unkomplizierten Rückbau einer Seilbahn.

Ökonomie

Neben der ökologisch positiv wirksamen Reduzierung der Flächenversiegelung überzeugen Seilbahnen durch einen **geringen Energiebedarf**, selbst bei einer hohen Förderleistung. Dies ist sowohl auf ihre technische Konstruktion (gegenseitige Aufhebung der Massenverhältnisse und Windwiderstände) als auch auf äußerst energieeffiziente Direktantriebe mit hohen Wirkungsgraden von über 95 % zurückzuführen. Die maximale Leistung des Seilbahnantriebs ist auf den ungünstigsten Lastfall ausgelegt. Sie „muss unter Berücksichtigung aller system- und

betriebsrelevanten Eigenschaften der Seilbahn [...] ermittelt werden“ (DIN EN 12930 „Sicherheitsanforderungen an Seilbahnen für den Personenverkehr – Berechnungen“). Auch in diesem Fall muss ein sicheres Anfahren der Bahn möglich sein. Im alltäglichen Betrieb wird diese Leistung nicht benötigt. Der Energiebedarf kann daher nicht einfach als Produkt aus maximaler Antriebsleistung und Betriebsdauer ermittelt werden. Stattdessen resultiert der Energiebedarf aus der tatsächlichen Antriebsleistung multipliziert mit der Betriebsdauer. Hierbei kommt es vor allem zwischen Einseil- und Zweiseil- bzw. Dreiseilsystemen zu Unterschieden, da die Reibungskräfte, die einen wesentlichen Einfluss auf die erforderliche Antriebsleistung haben, auf unterschiedliche Quellen zurückzuführen sind. Bei Einseilsystemen entsteht die Reibung hauptsächlich bei der Bewegung des Förderseils über die Stützenrollen, während bei Zweiseil- bzw. Dreiseilsystemen vor allem Laufwerke auf dem Tragseil die Reibung verursachen. Bei der Berechnung der Reibung hat die Steigung einen Einfluss, da nur die Gewichtskomponente der Rollenlasten relevant ist. Je steiler die Bahn, desto geringer die Gewichtskomponente.

Die exakte Berechnung des Energiebedarfs muss für jede Seilbahn individuell erfolgen. Die Standardisierte Bewertung (vgl. Kapitel 7.2.2) stellt jedoch einen Ansatz für die Berechnung des Energiebedarfs zur Verfügung, welcher auf vereinfachenden Annahmen basiert, die die besonderen Charakteristika im urbanen Raum berücksichtigen. Da es sich um einen allgemeingültigen Ansatz handelt, kann dieser nicht die

Genauigkeit einer individuellen Energiebedarfsrechnung erreichen. Er ist jedoch hinreichend genau, um den Nachweis der volkswirtschaftlichen Vorteilhaftigkeit eines Projekts erbringen zu können. Er kann somit auch in einer frühen Planungsphase genutzt werden, um einen groben Überblick über die anfallenden Betriebskosten zu bekommen.

Soziales

Urbane Seilbahnen können als diskriminierungsfreies Verkehrsmittel eingesetzt werden. Es ist wichtig, dass die Chancengleichheit und **Teilhabe** aller potenziellen Fahrgäste möglich sind.

In den vorangegangenen Kapiteln wurde darauf in Bezug auf Kabine und Stationsgestaltung eingegangen.

In den durchgeführten Workshops mit den Bürgerinnen und Bürgern der „Überfliegerstädte“ wurde auf das Thema subjektive Sicherheit eingegangen. Für die Bürgerinnen und Bürger ist es sehr wichtig, dass die subjektive Sicherheit (z. B. Höhenangst, gesundheitliche Probleme) beispielsweise über technische Lösungen gewährleistet wird. Seilbahnkabinen können so ausgestattet werden, dass dies machbar ist (vgl. Kapitel 6.1.1). Weiter wurde das Thema Höhe angesprochen. Von den Workshop-Teilnehmerinnen und -Teilnehmern wurde die Beförderung in der +1-Ebene als neu empfunden und sie gingen davon aus, dass die Höhe zu Problemen führen kann. Auch dies ist in die Planungen einzu beziehen und bei den Umsetzungen und folgend im Betrieb zu beachten.



Exkurs 6: Gesundheit und Wohlbefinden – Health and Wellbeing

Um Stressfaktoren wie Lärm, Stau und Emissionen, denen wir tagtäglich in unserem Alltag begegnen, entgegenzuwirken, ist die Entwicklung eines angenehmen und komfortablen Infrastruktur- und Transportsystems unumgänglich. Um ein neues Verkehrsmittel für die Bevölkerung attraktiv zu machen, ist es wichtig, sich mit der immer relevanter werdenden Thematik Health and Wellbeing auseinanderzusetzen.

Der Trend lässt sich in unserer heutigen, immer weiter in Bewegung und Wandel befindlichen Zeit kaum mehr wegdenken und ist mittlerweile in vielen Bereichen und Branchen wiederzufinden. Health and Wellbeing setzt sich zum Ziel, eine Infrastruktur zu schaffen, mit der sich die Menschen identifizieren und wohlfühlen können. Unterstützt wird hierbei direkt bei Planungsbeginn, um möglichen späteren Umbauten entgegenzuwirken. Das Ergebnis sollen zufriedene, gesunde Nutzerinnen und Nutzer, Mitarbeiterinnen und Mitarbeiter sowie ein wirtschaftlich effizientes System sein.

Zur Zielerreichung werden verschiedene Methodiken eingesetzt, beispielsweise Interviews oder Workshops, um die Bedürfnisse der Nutzerinnen und Nutzer sowie der Mitarbeiterinnen und Mitarbeiter näher zu evaluieren. Außerdem erfolgen Stressmessungen und das Beobachten und Lernen von ähnlichen Infrastruktursystemen, um Potenziale und Herausforderungen zu identifizieren und daraus perfekt zugeschnittene

Handlungsempfehlungen kreieren zu können. Auch das Health-and-Wellbeing-Scoring (HWB-Scoring) ist ein Teil der Methodik, welches das Wohlbefinden sichtbar misst. Beim HWB-Scoring werden folgende Fragen gestellt:

- Wie ist das Erscheinungsbild? Fügt es sich gestalterisch und funktional ins Stadtbild ein?
- Wie ist die Atmosphäre in der Station oder in der Kabine? Gibt es ein Farb- und Lichtkonzept? Gibt es Vielfalt bezüglich Materialien, Möbeln etc.?
- Wie wird über das neue System aufgeklärt? Gibt es genügend Mitarbeiterinnen und Mitarbeiter, die den Nutzerinnen und Nutzern helfen können?
- Wird den Mitarbeitenden ein angenehmer Arbeitsalltag ermöglicht, beispielsweise durch Rückzugsmöglichkeiten? Spielt das „S“ aus Environmental Social Governance (ESG) eine fokusbezogene Rolle, mit Punkten wie Arbeitsschutz, Lohngerechtigkeit und Chancengleichheit?

Zusammenfassend lässt sich sagen, dass Health-and-Wellbeing-Maßnahmen immer mehr Relevanz in unserem Alltag finden, da es unser Wohlbefinden positiv beeinflusst. Wichtiger denn je ist es aktuell, sich um das Wohl jedes Einzelnen zu kümmern, um dadurch auch die Gemeinschaft zu stärken. Durch den immer weitergreifenden Fortschritt in allen Bereichen des Alltags wächst

auch der Druck, beispielsweise Karriere und Familie in Einklang zu bringen, und der Stresspegel steigt immer weiter. Um als attraktiver Arbeitgeber zu gelten, müssen nicht nur zukünftige Nutzerinnen und Nutzer überzeugt werden, sondern auch die Mitarbeiterinnen und Mitarbeiter. Mit dem Health-and-Wellbeing-Konzept soll die Fahrt so angenehm wie möglich gestaltet werden. Es soll ein Transportmittel entwickelt werden, welches auf die Bedürfnisse des Umfeldes und der Gemeinschaft eingeht. Um für die zukünftigen Nutzerinnen und Nutzer eine angenehme

und entspanntere Transportmöglichkeit zu schaffen, ist es wichtig, anfängliche Begeisterung für das Neue zu wecken, diese zu nutzen und einen nachhaltig positiven Eindruck zu hinterlassen. Dies kann gelingen, indem sich die Bevölkerung nicht von Anfang an von dem neuen Verkehrssystem überfordert fühlt, sondern gut informiert und aufgeklärt ist und sich damit identifizieren kann. Dabei spielen sowohl die Gestaltung der Kabinen und Stationen als auch die Berücksichtigung des Umfeldes eine essenzielle Rolle.

5.2.2 Einflussfaktoren der Seilbahn auf die Umwelt (Schutzgüter)

Einsicht und Überflug

Bei der Trassenführung ist darauf zu achten, dass die Seilbahnlinie **möglichst über öffentlichen Grund oder über landwirtschaftlich bzw. gewerblich genutzte Flächen** geführt wird. Planungsziel ist die möglichst weitgehende Vermeidung der Inanspruchnahme privater Grundstücke mit Wohnwidmung.

Der bei der Beurteilung der Grundstücksüberquerung zu berücksichtigende Korridor der Seilbahntrassen ergibt sich aus der Addition der Spurweite, der maximalen seitlichen Pendelbewegung der Kabinen und der maximalen Seilschwingung (aus der statischen Seilrechnung). Diese maximale Trassenbreite wird im Seilbahnjargon als Anlagegrenze bezeichnet und ist der erforderliche horizontale Lichtraum der Seilbahn (im Lageplan ersichtlich) exklusive der notwendigen Sicherheitsabstände gemäß EN 12929-1

„Sicherheitsanforderungen an Seilbahnen für den Personenverkehr – Allgemeine Bestimmungen – Teil 1: Anforderungen an alle Anlagen“ zu anderen Gegenständen.

Beim Überqueren eines Privatgrundstücks ist die Zustimmung des Grundeigentümers, unabhängig von der Schwebehöhe der Seilbahn (§ 903 BGB), erforderlich. Die Begrenzung der Eigentumsrechte durch § 905 BGB ist unscharf formuliert:

„Das Recht des Eigentümers eines Grundstücks erstreckt sich auf den Raum über der Oberfläche und auf den Erdkörper unter der Oberfläche.

Der Eigentümer kann jedoch Einwirkungen nicht verbieten, die in solcher Höhe oder Tiefe vorgenommen werden, dass er an der Ausschließung kein Interesse hat.“ Bei üblichen Seilbahnschwebehöhen bis 60 Meter über Grund kann man davon ausgehen, dass dem Eigentümer das Recht auf Zustimmung zuerkannt wird. Kann im Trassenverlauf ein Überqueren von Privatgrundstücken nicht ausgeschlossen werden, ist bedingt durch die bestehenden Einspruchsrechte der Grundei-



gentümer gegebenenfalls ein langer Rechtsweg erforderlich. Dies ist einem umfangreichen Genehmigungsverfahren geschuldet, dessen Zeitdauer nicht abschätzbar und je nach Projekt unterschiedlich ist (Verfahrensdauer ab einem Jahr).

Aus technischer und rechtlicher Sicht können Gebäude, Betriebsgelände (z. B. Anlagen der Bahn) oder Starkstromleitungen unter Einhaltung der gesetzlichen Vorschriften überquert werden. Wie bei der Kreuzung anderer linearer Infrastrukturen auch dürfte sich der Abschluss entsprechender **Kreuzungsvereinbarungen** anbieten, um insbesondere die technischen Details zu regeln. Unabhängig von der Dienstbarkeitsfrage bei der Überquerung von Privatgrundstücken treten hier vor allem brandschutztechnische Sicherheits- und Bergungsfragen in den Vordergrund. Generell beträgt der größte zulässige Bodenabstand bei Einseilumlaufbahnen laut EN 12929-1 „Sicherheitsanforderungen an Seilbahnen für den Personenverkehr – Allgemeine Bestimmungen – Teil 1: Anforderungen an alle Anlagen“ 60 Meter (Ausnahmen bei speziellem Bergekonzept zulässig) und ist bei Seilbahnen mit Tragseilen (Pendelbahnen, Zweiseilumlaufbahnen, Dreiseilumlaufbahnen) unbeschränkt. Gemäß den technischen Vorschriften der EN 12929-1 reichen generell vertikale Abstände von 2,5 Metern zwischen Bauwerken und dem Seilbahnlichtraumprofil und 1,0 Meter zwischen dem Lichtraumprofil von Straßen und der Seilbahn aus, wobei dynamische Effekte sowie Gefährdungen im Sinne der EN 17064 „Sicherheitsanforderungen an Seilbahnen für die Personenbeförderung – Brandverhütung und -bekämpfung“ sowie weitere Gefahren gemäß dem Sicherheitsbericht berücksichtigt werden müssen.

Exkurs 7: Privatsphäre beim Überflug von Wohngrundstücken – Smart Glas

Um Einblicke in die Privatsphäre bei Seilbahn-Anwohnerinnen und -Anwohnern zu verhindern, kann bei den Kabinen auch „intelligentes Glas“, auch „schaltbares“ oder „Smart Glas“ genannt, eingesetzt werden. Smart Glas bezeichnet eine Verglasung, die ihre Transparenz ändern kann. Die dafür benötigte Energie wird dabei entweder über Strom oder Sonneneinstrahlung an die Scheibe geleitet. Somit kann in sensiblen Teilabschnitten der Seilbahntrasse der Blick der Fahrgäste auf die Umgebung verhindert werden. Gleichzeitig kann durch Fenster, die aufgrund der Anordnung eine Sicht nach unten verhindern, sichergestellt werden, dass auch im Falle intransparenter Fensterscheiben kein Engegefühl entsteht.

Verschattung/Reflexion

Grundsätzlich gilt, dass der **Schattenwurf** einer fahrenden Kabine über den Tag hinweg nicht vermieden werden kann. Die Intensität und die Größe des Schattenwurfs einer Kabine auf die darunter befindlichen Anlagen und Gebäude variiert mit der Seilhöhe der Bahn. Mit steigender Seilhöhe reduzieren sich die Auswirkungen des Schattenwurfs.

Detailliertere Aussagen diesbezüglich sind mit einer 3-D-Simulation unter Berücksichtigung aller örtlichen Gegebenheiten in einem Projekt möglich. Es wird regelmäßig erforderlich sein,

die Auswirkungen des Schattenwurfs im Hinblick auf den Einfluss für Mensch und Tier projektspezifisch durch einen entsprechenden Gutachter zu ermitteln und bewerten zu lassen.

Lärm/Vibration

Seilbahnen sind im Vergleich zu anderen Verkehrssystemen die Verkehrsmittel mit der **geringsten Lärmemission**. Die Emissionsreduktion ist eine planerische Aufgabe, welche von Ingenieurinnen und Ingenieuren oder Architektinnen und Architekten wahrzunehmen ist. Weiter ist es erforderlich, die Auswirkungen projektspezifisch durch eine entsprechende Gutachterin/einen entsprechenden Gutachter zu ermitteln und bewerten zu lassen.

Nachfolgend sind in Anlehnung an die Verfahrensrichtlinie „Lärmschutz bei Seilbahnen“ des Bundesamtes für Verkehr (BAV) der Schweiz verschiedene technische und betriebliche Maßnahmen aufgeführt, welche die Lärmemissionen reduzieren können. Die Auflistung ist nicht abschließend.

Technisch

Standort der Anlagen optimieren

- Distanz maximieren und Abschirmungen (Gelände, Gebäudeteile, andere Gebäude) nutzen
- Schallquellen aus dem Seilbahnbetrieb (Körperschall) werden über das Stationsfundament auch in den Boden eingeleitet. Je nach Abstand und Beschaffenheit des Bodens können diese Schallwellen auch auf nebenstehende Gebäude übertragen werden. In diesem Fall besteht die Notwendigkeit, das Seilbahnfundament z. B. mit Platten zur Schwingungsisolierung zu ummanteln und somit einer Übertragung auf die Nachbarbebauung zu unterbinden

Gebäudeplanung

- Bei der Gebäudeplanung ist es wichtig, eine eventuell integrierte Seilbahnstation zur Vermeidung einer Übertragung von Vibrationen bautechnisch vom restlichen Gebäude zu entkoppeln. Sollten dennoch Anschlusspunkte vorgesehen werden (z. B. Anschlusskonsolen am Stationssteher für Zwischendecken), so sind diese durch entsprechend ausgelegte Lager zur Schwingungsisolierung zu dämpfen

Fassaden: Öffnungen und Abschirmungen

- Öffnungen aus lärmintensiven Räumen vermeiden oder schallgedämmt ausführen
- Gebäude/Wände so weit wie möglich als Abschirmung über Stationsbauten ziehen; wenn möglich Niederhaltestützen integrieren

Reflexionen in Hallen reduzieren

- Schalldämmmaterial an Decke und Wänden reduziert die Lärmbelastung von Personal, Kunden und Umgebung

Beschaffung Seilbahnstützen

- Seilbahnstützen massiv ausbilden (dickerer Stahl, Stahlrohr mit Kies oder Beton füllen, Betonpfeiler)

Antriebsart und -positionierung

- Direktantrieb ist leiser als Antrieb mit Getriebe
- Positionierung Antrieb in geeigneter Station oder beispielsweise im Untergeschoss

Einkapselung, Untersicht

- Stabile, schalldämmende Stationsverkleidung oder stabile Untersicht, welche der Abstrahlung des Stationslärms aus der Stationsverkleidung entgegenwirkt

- Adäquate Einkapselung von lärmintensiven Komponenten inklusive Untersicht ist grundsätzlich Stand der Technik

Seiltyp optimieren

- Kompaktseil reduziert Vibrationen
- 8-litzige Seile sowie Seile mit speziellen Kunststoff-Füllelementen in den Litzengassen können bei Umlaufseilen zur Verbesserung beitragen. Diese Seile weisen im Vergleich zu einem 6-litzigen Seil eine höhere Laufruhe auf

Rollenbatterien (Typ)

- Emissionsarme Konstruktion verwenden

Rollenbatterien (Abstand Rollen)

- Rollenabstand auf Kabellitzenabstand abstimmen, was Vibrationen reduziert

• Podeste, Leitern etc.

- Verhindern, dass lose Teile in Vibration geraten und gegeneinanderschlagen

Betrieblich

Fahrgeschwindigkeit reduzieren

(Tag und/oder Nacht)

- Seilgeschwindigkeit – soweit sinnvoll – minimieren (bei üblichen größeren, koppelbaren Seilbahnanlagen beträgt der Lärmpegelabfall ca. 2,5 dB(A) je 1 m/s Geschwindigkeitsreduktion)

Fahrgeschwindigkeit Rangierung

- Seilgeschwindigkeit während Rangierungsvorgängen – soweit sinnvoll – minimieren (Wirkung vor allem bei Randstunden)

Kabinenbestückung optimieren

- Reduktion von Kabinenbestückung minimiert die Häufigkeit der relativ lauten und störenden, impulsiven Geräusche

Konvoi-Betrieb

- Kabinen bei geringem Personenaufkommen in Konvoi-Formationen, dazwischen evtl. Anlage anhalten

Betriebszeiten optimieren

- Beschränkung der Betriebszeit wirkt sich direkt auf den Beurteilungspegel aus



Exkurs 8: Umweltauswirkungen

Ein wichtiger Aspekt im Zuge der Seilbahn-Überlegungen ist die naturräumliche Analyse, welche wiederholend mit Verkehrs-, Seilbahn- und Stadtplanung durchzuführen ist. Im Rahmen dieser Untersuchung der Umweltbelange wird die **ökologische und städtebauliche Verträglichkeit** geprüft. Ebenso sind im Rahmen der Umweltbetrachtungen für Infrastrukturvorhaben auch die **bauzeitlichen Beeinträchtigungen** zu ermitteln und zu bewerten.

Generell muss die Untersuchung schon in einer sehr frühen Projektphase gestartet und parallel mit der Trassenbewertung ausgeführt werden, um bei der Bewertung schon grobe Aussagen zu Realisierungswahrscheinlichkeiten und ökologischen sowie städtebaulichen Konfliktpotenzialen für die unterschiedlichen Varianten zu erhalten und diese entsprechend in die Variantenbewertungen einfließen zu lassen und eventuelle Ausschlusskriterien definieren zu können. Die Untersuchung und Bewertung der Umweltauswirkungen des Vorhabens und insbesondere der infrage kommenden Trassenalternativen ist wesentlicher und zwingender Bestandteil der Variantenprüfung.

Für eine erforderliche Umweltverträglichkeitsprüfung (UVP) sind die Umweltauswirkungen nach möglichen Beeinträchtigungen in der Umwelt zu analysieren. Umweltschutzgüter können nach den Schutzgütern Mensch – insbesondere die menschliche Gesundheit –, Tiere, Pflanzen, Biotope, Flächen, Boden, Wasser, Luft, Klima, Landschaft, kulturelles Erbe und sonstige Sachgüter geprüft werden. Ausgehend vom Status quo werden die vorhabenbedingten Auswirkungen ermittelt und bewertet. Dabei sind auch Wechselwirkungen zwischen den einzelnen Schutzgütern zu berücksichtigen. Zur Evaluierung der Erheblichkeit der dargestellten Auswirkungen können eine quantitative oder qualitative Beurteilungsmethode und ein Maßstab für eine Umweltbelastung herangeführt werden. Die Rechtsgrundlagen und konkreten Anforderungen für eine Umweltverträglichkeitsprüfung (UVP) für die Errichtung von Seilbahnen ergeben sich aus dem jeweiligen Landesrecht.

Im Sinne der Raumwiderstandsbeurteilung werden die Untersuchungsgebiete im Hinblick auf sich ergebende Konfliktpotenziale geprüft und untergliedert. Mögliche Konfliktpotenziale ergeben sich dort, wo sich aus der Überlagerung mehrerer Schutzgüter oder

eines einzelnen Schutzgutes ein besonders hoher Raumwiderstand ergibt. In der Regel ist es sinnvoll, die UVP-Schutzgüter der jeweiligen landesrechtlichen Regelung bzw. des Gesetzes über die Umweltverträglichkeitsprüfung (UVPG), wenn hierauf verwiesen wird, als Grundlage der Bewertung heranzuziehen und projektspezifisch abzuschichten und zu bewerten. Planungserhebliche Konflikte, die aus besonders hohen Raumwiderständen resultieren, können beispielsweise durch bautechnische Anpassungen oder Trassenverlagerungen umgangen oder vermindert werden. Es folgt eine Ausführung zu den Einflussgrößen für Menschen – im Sinne des Städtebaus wie auch der Ökologie.

Aus der Beurteilung der Raumwiderstände ergibt sich das Erfordernis, auch alternative Trassenverläufe als Varianten zu prüfen. Hierdurch ist es möglich, die Variante zu verfolgen, die die Projektziele bei bestmöglicher Berücksichtigung der Raumwiderstände erreicht. Aus naturschutzfachlicher Sicht kann sich die Notwendigkeit für die Alternativenprüfung auch bei Eingriffen in bestimmte Schutzgebiete ergeben. So ist z. B. die Prüfung von verschiedenen Alternativen unbedingte Voraussetzung für ein Abweichungsverfahren gemäß Fauna-Flora-Habitat-Richtlinie (FFH).

5.3 Städtebauliche Integration

Die Seilbahn als Verkehrs- und Transportmittel bedarf einer nutzungsgerechten Verkehrsinfrastruktur. Diese **Verkehrsinfrastruktur als neuer Bestandteil für den urbanen Raum** gilt es neben der technischen Dimensionierung in das Stadtbild, sowohl in den bestehenden wie auch den entstehenden urbanen Raum, zu integrieren. Diese Integrationsanforderung entsteht durch die räumliche Wirkung der Elemente des Seilbahnsystems. Die zu integrierenden Elemente des Seilbahnsystems sind Stationen mit Stationsgebäude sowie die Trasse bestehend aus Stützen, Seil und Fahrbetriebsmittel (Kabine). Die Elemente des Seilbahnsystems unterscheiden sich in ihrer räumlichen Wirkung. Die hier aufgeführten Leitlinien beziehen sich sowohl auf die Potenziale und Hemmnisse des Seilbahnsystems wie auch auf die architektonisch ausgerichteten, sichtbaren und gestalterischen Aspekte der Stadtplanung entlang der Seilbahntrasse.

5.3.1 Seilbahnstationen und ihre Bedeutung für das städtebauliche Umfeld

Als bedeutende Komponente des Seilbahnsystems nimmt die Station mit dem Stationsgebäude eine besondere Rolle ein. Neben der **technischen Bedeutung** im System mit Antrieb, Rücklauf etc. dienen die Stationen dem Zweck des **Aus- und Einsteigens**. Um dem Gesamtzweck und der Funktion im System zu entsprechen, können Seilbahnstationen in nahezu jeder Form und Größe gebaut werden. Grundsätzlich gibt es die folgenden Stationen:

- **Antriebs- und Umkehrstationen:** Neben dem Ein- und Ausstieg sind in Antriebs- und Rücklaufstationen die technischen Hauptkomponenten des Antriebs verortet.
- **Zwischenstationen:** Durch die Möglichkeit von Zwischenstationen kann an neuralgischen Verkehrsknotenpunkten ein Aus- und Einstieg ermöglicht werden.
- **Umlenkstationen:** Aufgrund der geringen Kurvengängigkeit (vgl. Exkurs Kurvengängigkeit von Seilbahnen, Kapitel 5.3.2) ist bei gewissen Trassenführungen eine Umlenkstation als technisches Gebäude erforderlich, welches eine Richtungsänderung in der Trasse möglich macht. Zwischenstation und Umlenkstation können kombiniert werden, sodass technischer und verkehrlicher Nutzen zusammengeführt werden.

Die Flexibilität in der Gestaltung von Seilbahnstationen ist ein wesentlicher Vorteil. Mindestgrößen sind durch die technische Ausgestaltung vorgegeben. Die minimalen Stationsgrößen variieren je nach Seilbahnsystem und Systemgeschwindigkeit. Die technische Vorgabe wird ergänzt um die übrigen Ansprüche und Anforderungen an den Verkehrsinfrastrukturknoten der Station wie auch weitere Aufgaben im Stationskontext, welche im Folgenden erläutert werden.

Stadtentwicklung

Die räumliche Wirkung in Bezug auf das urbane Umfeld leitet sich grundsätzlich aus den direkten Verkehrseffekten ab. Mit der Verortung der Station ergibt sich eine Veränderung der **Erreichbarkeit** für das Gebiet. Das Stationsumfeld erfährt eine Aufwertung in Bezug auf die erhöhte

Erreichbarkeit. Ebenso bringt die Verkehrserzeugung Belastungs- und Störeffekte mit sich. Im Zuge der **städtebaulichen Integration** gilt es die Belastungs- und Störeffekte zu minimieren und die Veränderung in der Erreichbarkeit und den entstehenden Verkehr entwicklungsfördernd für das Gebiet/Quartier zu nutzen. So können Seilbahnprojekte einen **positiven Effekt auf die Stadtentwicklung** haben.

Mit der Verortung von Stationen kann bei Berücksichtigung eines gesamtheitlichen städtebaulichen Konzeptes das Projekt als „Urban Generator“ wirken. Einhergehend mit der Verkehrserzeugung können durch den Standortvorteil der erhöhten Erreichbarkeit Dienstleistungen im Umfeld gestärkt werden und mit Ansiedlung ergänzender Funktionen wie sozialer Dienstleistungen und Kultur- oder Versorgungseinrichtungen das Stadtquartier aufgewertet werden. Dabei gilt es mögliche Synergieeffekte bestmöglich zu nutzen, ohne den Bestand nachhaltig zu schädigen, sondern vor dem planerischen Horizont bewusst umzugestalten und weiterzuentwickeln.

Ähnlich wie Bahnhöfe werden Seilbahnstationen als „Eingangsportal“ zu Quartieren wahrgenommen. Eine attraktive Gestaltung der Stationen kann für das Quartier identitätsstiftend wirken und den Effekt als „Urban Generator“ verstärken. Dementsprechend kommt im urbanen Kontext dem Erscheinungsbild der Station im Sinne der Architekturqualität eine entscheidende Rolle zu.

Seilbahnen sind im urbanen Raum in den ÖPNV und Umweltverbund zu integrieren.

Daraus ergibt sich auch die Anforderung des **Umstieges**. Das Umsteigen erfordert kurze und barrierefreie Wege. Hierfür sind bei Stationen in



der +1-Ebene Aufzüge und gegebenenfalls Fahrtreppen vorzusehen. Eine bauliche **Verknüpfung von Seilbahnstationen mit Mobilitätshubs oder Mobilitätsstationen** ist sinnvoll (vgl. Kapitel 3.6). Insbesondere die Verknüpfung zur Nahmobilität mit Angeboten der letzten Meile sind für die Umsteigepotenziale zu bedenken. Weiterhin ist im Hinblick auf die Verknüpfung mit anderen Systemen auch die Integration in Bezug auf Logistik zu prüfen. Neben reinen Abholstationen in baulicher Verknüpfung kann auch die Eignung als kleines Logistik- und Distributionszentrum bedacht werden.

Mit der Schaffung einer Seilbahnstation ist ein Eingriff in die bestehende Stadtstruktur sowohl im Neubau als auch im Bestand gegeben. Daraus folgt immer die Anforderung einer individuellen Planung. Vor dem Hintergrund, technische und städtebauliche Notwendigkeiten in Einklang zu bringen, sind die wesentlichen Planungsaspekte durch Studien und Fachgutachten zu ermitteln. In Bezug auf die städtebauliche Integration erscheint eine städtebauliche Untersuchung in Form eines Rahmenplanes oder eines städtebaulichen Konzeptes sinnvoll, das den Bedarf entsprechend der jeweiligen Situation in Abwägung der Nutzung, Versorgung und Flächenpotenziale ermittelt.

Architektur von Stationen

Internationale Beispiele im urbanen Raum zeigen, dass eine hohe Variabilität in der Architektur von Seilbahnstationen besteht. Während bei der „Roosevelt Island Tramway“ in New York City/USA die Stationsgebäude vergleichsweise klein sind, wurden bei der „Mi Teleférico“ in La Paz/Bolivien oftmals große Stationsgebäude errichtet, in denen noch weitere Einrichtungen wie Einkaufsmöglichkeiten integriert sind.

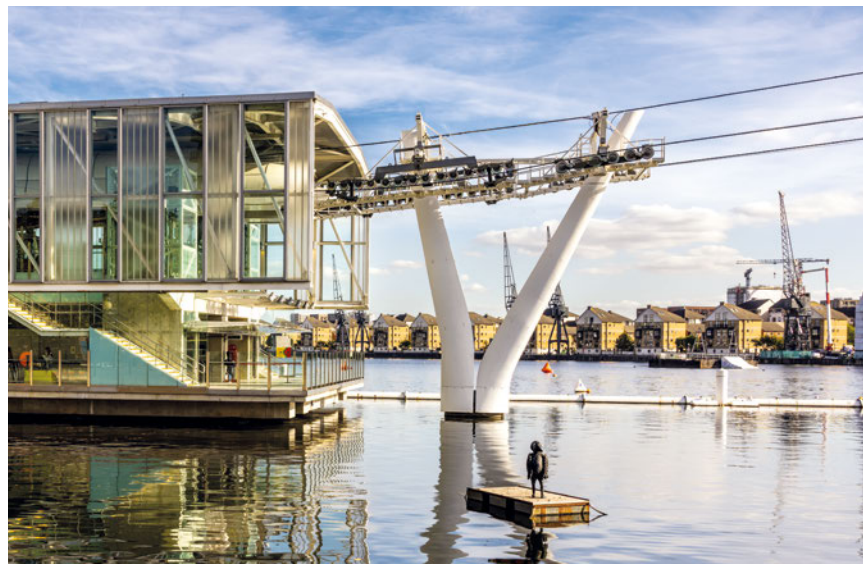
Exkurs 9: Stationsgestaltung am Beispiel Portland

Die Stationen der „Portland Aerial Tram“ in Portland/USA zeigen die flexiblen Möglichkeiten der Architektur von Stationen auf. Während die Talstation ein gelungenes Beispiel für Intermodalität zeigt (Umsteigemöglichkeiten zu Straßenbahn, Fahrrad und sonstigen Sharing-Angeboten) und das Gebäude als luftiger Pavillon konzipiert wurde, ist die Bergstation aufgrund fehlender Platzverhältnisse als Plattform auskragende Abfertigungs- und Einstiegsebene auf Betonstützen statisch getrennt an das Gebäude herangerückt.

Die Architektur einer Station hängt von den Umfeldanforderungen ab. Ein wesentlicher Faktor ist die Flächenverfügbarkeit. In Bezug auf diesen Aspekt ist zunächst die Höhenlage der Seilbahnstation zu bestimmen. In der Regel wird zwischen bodennah (0-Ebene) und bodenfern (+1-Ebene) unterschieden. Weiterhin wird zwischen einem Solitär (Einzelbauwerk) und der Integration in die Baustruktur unterschieden.



Abbildungen unterschiedlicher Bauformen
von Seilbahnstationen
(La Paz, Koblenz und London)



Bei ausreichenden Platzverhältnissen ist ein Einzelbauwerk auf 0-Ebene die Regellösung. Die technische Infrastruktur kann durch zusätzliche Nutzungsaspekte für das Bauwerk ergänzt werden. Weiterhin kann die Station auch in die Baustruktur (offene/geschlossene Bauweise) von Gebäudegruppen integriert werden. Die Gebäudehülle einer Station und die Seilbahninfrastruktur können getrennt gebaut werden. Dadurch können die Stationen in Stil, Form oder Größe variieren, ohne dass die seilbahntechnischen Infrastruktureinrichtungen maßgeblich verändert werden müssen.

Als Sonderform können Seilbahnstationen auch in aufgeständerter Form als Brückenform errichtet werden. Bei bodenferner Ausgestaltung ist die Barrierefreiheit zu berücksichtigen, welche durch Rampen, Aufzüge oder Ähnliches hergestellt werden muss. Weiterhin geht mit der aufgeständerten Ausgestaltung eine Kostenerhöhung einher. Der entstehende Raum unter der Aufständigung kann sowohl räumlich vermarktet werden wie auch im Kontext bestehender Verkehrsinfrastruktur mit der Station überbaut werden. Beispiele zeigen auch, dass die Gebäudeintegration in vielfältiger Weise technisch

möglich ist. So finden sich sowohl auf Gebäuden und in Hochhäusern wie auch im Untergeschoss von Gebäuden Stationen.

Design

In Bezug auf die Akzeptanz und das Identifikationspotenzial des Seilbahnsystems zeigt sich, dass das Stationsdesign von Anfang an hoch gewichtet werden sollte. Die Seilbahnelemente können gestalterisch an die räumliche Umgebung angepasst werden, um ein **harmonisches Gesamtbild** zu erzeugen. Durch eine unauffällige Gestaltung können Seilbahnanlagen einerseits dezent in das Stadtgebiet integriert werden oder durch eine extravagante Architektur gezielt als **Attraktion und Identitätsmerkmal** der Stadt ihren Einsatz finden. Entsprechend unterscheiden sich auch der damit einhergehende Flächenverbrauch sowie die bauliche Integration.

Für die Stationsgestaltung zeigen internationale Beispiele eine Vielzahl an Möglichkeiten auf. In La Paz haben die Stationsgebäude die Farbe der jeweiligen Linie und bieten so Orientierung und einen hohen Wiedererkennungswert. Bei der Farbwahl der im Wasser verorteten Stationen der „Teleférico do Parque das Nações“ in Lissabon/Portugal wurden mit Weiß und Blau Farben gewählt, die sich gut in die Umgebung einfügen. Bei der „London Cable Car“ in London/Vereinigtes Königreich wurde ein modernes Design für die Stationen gewählt, das sich ebenfalls gut in die Umgebung einfügt. Als zukunftsträchtiges Verkehrsmittel sind der Gedankenfreiheit durch die technischen Möglichkeiten zunächst keine Grenzen gesetzt. Eine ansprechende Gestaltung gilt es in Abwägung der Investitionskosten und Standorterfordernisse zu berücksichtigen.

Um den unterschiedlichen Nutzungsansprüchen im urbanen Kontext gerecht zu werden und eine ansprechende Ausgestaltung zu gewährleisten, ist ein städtebaulicher Wettbewerb geeignet.

5.3.2 Trassenführung und Umfeldwirkung des Fahrwegs

Neben den Stationsgebäuden gilt es die Seilbahntrasse mit den Komponenten Kabinen, Klemmen, Stützen und Seil (vgl. Kapitel 6.1.1) in den urbanen Raum zu integrieren. Die Klemme wie auch das Seil als notwendiger und gestalterisch nicht zu verändernder Systembaustein sind in der städtebaulichen Integration aufgrund ihrer Wirkung zu vernachlässigen. Vielmehr steht die Seilbahntrasse als Linienbauwerk mit der räumlichen Wirkung des Trassenkorridors, den Stützen als baulichen Hochpunkten und den Kabinen als sich bewegendem städtebaulichem Element im Fokus.

Trassenkorridor

Neben dem Fokus auf ein städtebaulich integriertes Stationskonzept ergeben sich auch für Seilbahntrassen besondere Herausforderungen für den Stadt- und Straßenraum. Betrachtet man das Lichtraumprofil aus Stützen und Fahrweg, nimmt das Seilbahnsystem einen erheblichen städtebaulichen Korridor ein. Eine **umsichtige Trassenführung** ist demnach eine entscheidende Größe in Bezug auf die Akzeptanz des Seilbahnsystems und der städtebaulichen Integration. Dabei sollten insbesondere die Vorteile und Potenziale der Seilbahn genutzt und im Vergleich zu den übrigen Verkehrsmitteln in der räumlichen Eingriffswirkung abgewogen werden.



Exkurs 10: Technische Auslegung der Seilbahntrasse in Abhängigkeit von der gewählten Seilbahntechnologie

Die Wahl der Seilbahntechnologie bedingt die Breite der Seilbahntrasse. Hierfür sind die nachfolgenden Parameter maßgebend:

- **Spurweite:** Diese hängt im Wesentlichen von der horizontalen Seilauslenkung und Querverpendelung von Gehänge mit Kabine bei maximalem Seitenwind im längsten Spannfeld ab. Bei einer Einseilumlaufbahn (EUB) beträgt die Standardspurweite je nach Hersteller ca. 6,0–6,5 Meter, bei einer Dreiseilumlaufbahn (3S) ca. 10–11 Meter, die Zweiseilumlaufbahn (2S) liegt mit ca. 9 Metern dazwischen.
- **Kabinenbreite und seitliche Pendelbewegung:** Bei Einseilumlaufbahnen (EUB) sind die Kabinen zwar kleiner, jedoch schwenken diese, unter anderem wegen des „singulären Fixpunkts im Raum“, mehr aus. Somit sind technologieübergreifend insgesamt ca. 3,0 Meter je Seite zu veranschlagen.
- **Seitliche Seilschwingung:** Abhängig von der Stützenweite ist der Raum, in dem das Seil selbst hin und her schwingt, einzukalkulieren. Dieser ist auch abhängig von den betrieblich zulässigen Windgeschwindigkeiten; je nach Spannfeld können Werte von 0,5–3,0 Metern in jede Richtung vorkommen.

- **Abstand zu Gebäuden:** Bei begehbaren Gebäuden, an denen die Seilbahn vorbeiführt, ist ein zusätzlicher horizontaler Sicherheitsabstand von mindestens 2,5 Metern laut EN 12929-1 „Sicherheitsanforderungen an Seilbahnen für den Personenverkehr – Allgemeine Bestimmungen – Teil 1: Anforderungen an alle Anlagen“ zu berücksichtigen. In der Praxis wirkt sich diesbezüglich aber die EN 17064 „Sicherheitsanforderungen an Seilbahnen für die Personenbeförderung – Brandverhütung und -bekämpfung“ als maßgebend aus.

Ohne Berücksichtigung der Seilschwingung beträgt die einzuplanende Trassenbreite bei Einseilumlaufbahnen (EUB) ca. 13 Meter, bei einer Zweiseilumlaufbahn (2S) ca. 16 Meter und bei einer Dreiseilumlaufbahn (3S) ca. 18 Meter. Bei großen horizontalen Seilschwingungen (bei großen Spannfeldern) werden somit 21 bzw. 24 Meter kalkulatorische Trassenbreite erreicht. Die Trassenbreiten einer Pendelbahn (PB) bewegen sich in der Größenordnung von Dreiseilumlaufbahnen (3S). Diese maximalen Trassenbreiten werden im Seilbahnjargon als „Anlagegrenze“ bezeichnet und stellen den erforderlichen horizontalen Lichtraum der Seilbahn exklusive der notwendigen Sicherheitsabstände laut EN 12929-1 zu anderen Gegenständen dar.

Seilbahnen zeichnen sich durch einen **geringen Flächenbedarf** aus. Als lineares Ingenieurbauwerk bringt dieses nicht die typische Zerschneidungswirkung durch Inanspruchnahme eines flächigen Trassenkorridors mit sich, der auf eine eindimensionale Nutzung ausgerichtet ist. Mit dem Vorteil des Überfliegens auf der +1-Ebene bleibt oder entsteht nutzbarer urbaner Raum auf der 0-Ebene. Diese **multidimensionale Nutzung des urbanen Raums** bringt Lösungspotenziale für ein aktuelles Problem in deutschen Städten mit sich. Häufig besteht eine hohe Konkurrenzsituation im öffentlichen Raum zwischen den Nutzungsanforderungen Aufenthalt, Grünraum, Freiraum sowie dem ÖPNV, MIV, nichtmotorisierten Individualverkehr (NMIV) und ruhenden Verkehr in Bezug auf die Flächenaufteilung. Die Seilbahn **löst Konkurrenzsituationen durch die +1-Ebene auf**. In Deutschland zeigt der Einsatz von Seilbahnen im Rahmen von Bundes-/Landesgartenschauen, dass der Raum, der überflogen wird, für die übrige Nutzung bestehen bleibt und freizügig mit hoher Aufenthaltsqualität gestaltet werden kann. Dieses Potenzial zur **freien Gestaltung** des urbanen Raums aufgrund der geringen Flächeninanspruchnahme ist für die Seilbahn hervorzuheben.

Die bauliche Trasse als lineares Ingenieurbauwerk bringt im Vergleich zu alternativen Trassenvorhaben auf 0-Ebene kaum Trenn- und Barrierewirkung mit sich. Die Gestaltung des urbanen Raumes erfährt durch die Verlagerung des Verkehrs auf eine weitere Ebene einen Flächen Gewinn und lässt Platz für urbanes Leben.

Auch die multidimensionale Nutzung des Verkehrsraumes in Städten ist bei der Trassenfindung abzuwägen. Die Nutzung des Straßenraumes bei gleichzeitiger Nutzung als Seilbahntrasse ist

technisch möglich, es muss jedoch sichergestellt sein, dass der sichere Betrieb der Seilbahn durch die Nutzung des Straßenraumes nicht beeinträchtigt wird. Um Seilbahnen über Straßen zu führen, müssen die Querschnitte der Straßen punktuell verändert werden. Dies schafft Platz für Stützen und Stationen. Querschnittsveränderungen stehen aktuell in vielen Städten an, um eine angepasste Aufteilung der Flächenansprüche von Fahrradwegen, Gehwegen oder Platz für Busspuren etc. zu schaffen. In all diesen Fällen werden Fahrbahnen reduziert; es kommt zu einer geringeren Fahrspurzahl und/oder Fahrspurbreite. Ein Blick ins Nachbarland Frankreich zeigt, dass dort die Gestaltung neuer Straßenbahntrassen integriert erfolgt, also immer zusammen mit der Flächenplanung für Fußgängerinnen und Fußgänger, den Radverkehr und die Straßenbegrünung/Allee sowie für die flankierende Stadterneuerung. In Deutschland wäre eine Voraussetzung für ein solches Vorgehen, die Expertinnen und Experten für Seilbahn-/Trassenplanung frühzeitig an der Erstellung eines Masterplans und der nachfolgenden Trassenfindung sowie Detailgestaltung zu beteiligen.

Vor dem Hintergrund der Störungs- und Belastungswirkung der Seilbahn (vgl. Kapitel 5.2.2) ist eine umsichtige Trassenführung erforderlich. Der Einsatz von Seilbahnen ist nicht für alle urbanen Räume prädestiniert. Eine Eignung ist insbesondere im **öffentlichen Raum** gegeben, welcher bei der Planung vornehmlich zu berücksichtigen ist. Der Verbindungsvorteil durch Überflug kann sich auch in Industrie- und Gewerbegebieten im urbanen Kontext anbieten. Auch hier scheint eine Eignung unbedenklich. Beim Überflug von privatem Grund ist mit dem „Not In My Backyard (NIMBY)“-Effekt zu rechnen.



Exkurs 11: Kurvengängigkeit von Seilbahnen

Herausforderungen im Trassenverlauf bestehen für Seilbahnen bei horizontalen Richtungsänderungen. Für horizontale Kurven sind die Kabinen vom Seil abzukuppeln. Da dies normalerweise nur in stationsähnlichen Bauwerken erfolgen kann, ist die Flexibilität in der Trassenführung entsprechend eingeschränkt.

Für entsprechende Richtungsänderungen ist die Installation von Zwischen- bzw. Ablenkstationen erforderlich. Diese Zwischenstationen können als reine Ablenkstationen ohne Fahrgasttransfer oder als Ablenkstationen mit Fahrgasttransfer und Plattformen ausgeführt werden. Um die Anzahl der baulichen Anlagen so gering wie möglich zu halten, ist es oftmals sinnvoll, Zwischenstationen dort anzubringen, wo Richtungsänderungen notwendig sind. Sollten geringfügige horizontale Ablenkungen auf der Strecke notwendig sein (z. B. Vermeidung von Querung von privatem Grund), werden die maximal zulässigen Werte (ca. 8°) im Zuge der statischen Seillinienberechnung analysiert und definiert.

Einige Ideen zu Seilbahnen erstickten bereits im Keim, da es sehr schnell Bedenken des Denkmalschutzes oder im Hinblick auf die Auswirkungen auf das Stadtbild gab. Deshalb müssen Seilbahnen von Anfang an ganzheitlich betrachtet und in die Stadtentwicklung vor Ort sinnvoll integriert

werden. Es gilt, **frühzeitig** die Abstimmung mit der zuständigen Fachbehörde zu suchen und die **Abwägung der Belastungseffekte** vorzunehmen. Dabei sollte die Wirkung auf denkmalgeschützte Gebäude, Anlagen oder Bodendenkmäler in der Nähe der baulichen Komponenten des Seilbahnsystems untersucht und die Wirkung von Sichtbeziehungen oder die Einschränkung der historischen Bedeutung ermittelt werden.

Besonders in historisch gewachsenen Städten müssen Schutzzonen berücksichtigt werden. Gerade hier ist von einer Trassenfindung bei beengten Platzverhältnissen auszugehen; hier bietet das Verkehrssystem Seilbahn Vorteile aufgrund des geringen Platzbedarfs (nur Stützen und Stationen). Im Vergleich zu Bus-Rapid-Transit(BRT)-Systemen brauchen Seilbahnen beispielsweise weniger Platz. Sowohl BRT-Trassen als auch Seilbahntrassen müssen für einen Einsatz im historischen Stadtraum detailliert geprüft werden.

Im internationalen Vergleich zeigen Fallbeispiele große Unterschiede in der Trassenführung. Während die Seilbahnen „Roosevelt Island Tramway“ in New York City/USA, „Portland Aerial Tram“ in Portland/USA, „Teleférico do Parque das Nações“ in Lissabon/Portugal, „London Cable Car“ in London/Vereinigtes Königreich und „Téléphérique de Brest“ in Brest/Frankreich ausschließlich über unbebautes oder gewerblich genutztes Gebiet oder öffentliche Straßen schweben, queren die Seilbahnen „Metro de Medellín“ in Medellín/Kolumbien, „Mi Teleférico“ in La Paz/Bolivien, die Seilbahnen in Algier/Algerien und „Keçiören Teleferik“ in Ankara/Türkei ganze Wohngebiete. Auch bei der „Rittner Seilbahn“ in Bozen/Italien werden teilweise Wohngebäude überschwebt. Die Möglichkeit zum Überschweben

privater Flächen erhöht die Flexibilität in der Trassenfindung und ermöglicht die optimale Verknüpfung mit bestehenden ÖPNV-Anlagen auch in dicht bebauten Gebieten. Allerdings ist davon auszugehen, dass die Trassenführung in Deutschland über öffentliche Flächen in der Regel leichter zu realisieren ist. Rechtliche Grundlagen sowie die Akzeptanz der Bevölkerung hinsichtlich einer Seilbahn in direktem privatem Wohnumfeld sind ausschlaggebende Faktoren in der Linienfindung. Die **Öffentlichkeitsbeteiligung** und **juristische Begleitung** sind neben der technischen Konzeption und Planung zwei elementare Bausteine bei der Trassenfindung.

Stützen

Stützen bilden neue Hochpunkte im urbanen Raum und werden zur stadtbildprägenden Struktur. Dies erfordert ein **hohes Maß an sensiblem Umgang mit der Verortung sowie Ausgestaltung** der Stützen. Neben der technischen Dimensionierung rückt im urbanen Raum auch der gestalterische Aspekt in den Fokus der Planung.

Die Anzahl, Positionierung und Ausbildung der Stützen bestimmen das Stadtbild maßgeblich. Die Stützengrößen hängen zunächst von der technischen Dimensionierung ab. Sowohl die Höhe der Stütze, das flächentechnische Erfordernis für Fundamente sowie der Umfang/ die Breite der Stütze sind abhängig von der Systemwahl, Systemkapazität und dem Abstand der Stützenstandorte/ Spannweite. Neben der Wahl des Seilbahnsystems hat auch die örtliche Topografie einen Einfluss auf die Anzahl der erforderlichen Stützen.



Abbildung unterschiedlicher Bauformen von Seilbahnstützen (Brest, Toulouse)

Ähnlich wie bei den Stationen kann im urbanen Kontext das Erfordernis entstehen, von den rein konventionell verwendeten Stützenformen (Zylinderrohrstützen oder Fachwerkstützen aus Stahl) abzuweichen, die rein technisch ihrer Funktionalität entsprechen. Ein ansprechendes und auf die Umgebung abgestimmtes Design kann als nicht störend, sondern als bereichernd für das Stadtbild umgesetzt werden. Die individuelle Gestaltung von Stützen ist durch den technischen Fortschritt in der Branche möglich. So zeigen Best-Practice-Beispiele, dass Stützen nicht mehr nur ihrem Zweck nachkommen, sondern sich in ihrer Ausgestaltung in das Stadtbild einprägen können. Die Hersteller ermöglichen eine Vielzahl von Entwürfen. Bei einer umsichtigen Trassenführung, geschickten Positionierung und Gestaltung von schlanken Stützen können die Eingriffe minimiert und die Bauwerke in die Stadtsilhouette integriert werden. Andererseits ist es aber auch möglich, Stützen und Stationen bewusst architektonisch hochwertig und ortsbildprägend zu gestalten. Hierbei sind jedoch die zusätzlich entstehenden Kosten zu berücksichtigen. Eine Integration der architektonischen Gestaltung der Stützen im Zuge eines städtebaulichen Wettbewerbes kann angedacht werden. Ein grobes Gestaltungskonzept in Ergänzung zur städtebaulichen Studie und Begleitung der Stationsgebäude ist sinnvoll.

Die räumliche Nähe zu ortsbildprägender Bausubstanz ist im Zuge der Planung abzuwägen. Es soll verhindert werden, dass eine ungewollte bauliche Konkurrenzsituation in stadtbildprägender Baukulisse entsteht. So sind **Sichtbeziehungen** zu hohen Seilbahnstützen und ihre Wirkung in der Planungsphase frühzeitig darzustellen. Dabei ist großräumig zu ermitteln, wo die Stützen in Sichtachsen stören und wo

sie als neues Element im Stadtbild als Orientierungspunkt dienen können. Hierzu eignet sich neben zweidimensionalen Plandarstellungen eine dreidimensionale Betrachtung neuralgischer Sichtbeziehungen und Hochpunkte. Insbesondere in der Entscheidungsfindung von politischen Entscheidungsträgern und zur Beteiligung der Öffentlichkeit eignet sich eine solche Darstellung.

Kabinen

Kabinen als Fahrzeuge des Seilbahnsystems bilden ein neues, sich bewegendes städtebauliches Element im urbanen Raum. Kabinen können in einer Vielzahl unterschiedlicher Größen und Formen gebaut und gestaltet werden. Die Standardabmessungen unterscheiden sich je nach Seilbahnsystem und sind um viele Ausstattungsmerkmale zu erweitern.

Die städtebauliche Wirkung hängt von Anzahl, Größe und Gestaltung ab. So kommt dem **Design** der Kabinen im Gesamtprozess, insbesondere auch in Bezug auf die Akzeptanz des Transportsystems, eine große Bedeutung zu. Dabei ist hervorzuheben, dass das Design einzigartig gestaltet werden kann und ins gesamtheitliche Kommunikations-Designkonzept mit eingebunden werden sollte.

Öffentliche Verkehrssysteme auf der ganzen Welt haben ein ähnliches Aussehen und vermitteln ein ähnliches Gefühl. So scheint ein Branding im Design der übrigen öffentlichen Transportsysteme möglich. Die Menschen erwarten, dass bestimmte Merkmale öffentlicher Verkehrsmittel vertraut erscheinen und verständlich sind. Das Branding des Seilbahnsystems kann in der Gestaltung wie ein integrierter Teil des öffentlichen Verkehrssystems/-netzes aussehen und trägt hiermit zur Akzeptanz in der Integration bei.

Weitere Potenziale in der Gestaltung von Kabinen können im Identitätsgewinn und in der Werbung liegen. Mit Identitätsgewinn ist die Wirkung gemeint, die ein besonders attraktives Design bei Annahme der Gesamtgesellschaft mitbringt. Im Sponsoring liegen insbesondere finanzierungstechnische Potenziale. So können die Einnahmen durch Werbung dazu beitragen, die Implementierungskosten des Systems in bestimmten Bereichen teilweise auszugleichen. Die Eignung von Werbung scheint vor allem dann sinnvoll, wenn ein regionaler Bezug zu Unternehmen, möglicherweise auch für die explizite Teilstrecke, gegeben ist.

Während Seilbahnen auch eine touristische oder erlebnisbehaftete Wirkung aufweisen können, bringt das Überfliegen durch Kabinen Herausforderungen im urbanen Kontext durch entstehende Sichtbeziehungen mit sich.

Zunächst ist in der Seilbahnplanung auf eine **Umgebungsverträglichkeit** in Bezug auf die Seilbahnkabinen zu achten. Diese sollen beispielsweise keinen Ablenkungscharakter unter sicherheitstechnischen Aspekten für andere Verkehrsmittel haben. Bei einem Überflug einer Autobahn kann durch Nichteinsehbarkeit der Kabinen eine sicherheitsgefährdende Ablenkung vermieden werden.

Weiterhin ruft die Sichtbeziehung aus der Kabine heraus einige Bedenken hervor. Beim Bau von Seilbahnanlagen sollte möglichst darauf verzichtet werden, sich über sensible Landnutzungen wie Wohngebiete zu bewegen. Wenn dies jedoch nicht möglich ist, kann die Smart-Glas-Technologie eingesetzt werden (vgl. Exkurs Privatsphäre beim Überflug von Wohngrundstücken – Smart Glas, Kapitel 5.2.2).



Abbildung unterschiedlicher Bauformen von Seilbahnkabinen (La Paz, Portland und Koblenz)

6

Technische Infrastruktur und Betrieb

Die Wahl des passenden Seilbahnsystems und der zuverlässige Betrieb sind wesentliche Schlüssel für den Erfolg einer urbanen Seilbahn. Um ein geeignetes System in passender Dimensionierung auswählen zu können, sind Kenntnisse über die technischen Eigenschaften notwendig. Für einen möglichst reibungslosen Betrieb müssen Konzepte erstellt und das Personal entsprechend geschult werden.

Im folgenden Kapitel werden die technischen und die betrieblichen Komponenten eines Seilbahnsystems näher erläutert, die zum Stand Oktober 2022 bekannt waren.

6.1 Technische Infrastruktur

Seilbahnen sind ein geschlossenes System, bei dem alle Komponenten aufeinander abgestimmt sein müssen. Die Wahl des passenden Seilbahnsystems und die Dimensionierung der einzelnen Komponenten sind abhängig von den vorherrschenden Randbedingungen sowie den Anforderungen an das System selbst. Grundsätzlich kann mit einer Seilbahn ein passendes System für verschiedene Anwendungsfälle im ÖPNV gefunden werden.

6.1.1 Komponenten

Bei den nachfolgenden Punkten handelt es sich um die wesentlichen Hauptkomponenten einer (urbanen) Seilbahn, welche im Rahmen der Planung zu konzipieren und entsprechend den vorherrschenden Anforderungen und Randbedingungen zu gestalten sind.

Stationen

Die **Platzanforderungen** für Stationen und Stützen hängen sehr stark von der eingesetzten Seilbahntechnologie ab. Hierbei ist anzumerken, dass sich der Grundflächenbedarf bei einer aufgeständerten Anordnung der Passagierplattformen in einem Obergeschoss auf die Querschnitte des Ständerwerks beschränkt.

Die Länge der Stationen von Umlaufbahnen, sowohl der End- als auch Zwischenstationen, wird im Wesentlichen durch die Verzögerer-/Beschleunigerstrecken bestimmt. Diese sind notwendig, um die Kabinen bis zur sogenannten Kriechgeschwindigkeit oder bis zum Stillstand zu verzögern und anschließend wieder bis zur Systemgeschwindigkeit zu beschleunigen. Ihre Länge hängt somit von der maximalen Seilgeschwindigkeit ab. Pendelbahnen benötigen keine Verzögerer-/Beschleunigerstrecken in den Stationen. Stationen von Pendelbahnen können daher mit geringerer Länge gebaut werden.

Die Breite der Stationen wird durch die Spurweite der jeweiligen Seilbahntechnologie, die Kabinenbreiten und die Stationseinrichtungen der verschiedenen Hersteller vorgegeben.

Räumlichkeiten für erforderliche Signal- und Steuerungstechnik sowie für Energieversorgungsanlagen, Sozialräume für das Personal,

Werkstätten und Abstellflächen (Garagierung) sind in den Stationen vorzusehen. Das Garagierungssystem kann flexibel an die örtlichen Gegebenheiten angepasst werden. Hierbei ist die Wahl des Systems nicht an ein bestimmtes Seilbahnsystem gebunden. Weiterhin ist der Flächenbedarf abhängig von den prognostizierten Besucherströmen an den Stationen und somit von der Dimensionierung der Warte-/Staubereiche und Zuwegungen. Aufgrund der weitestgehend modularen Bauweise von Seilbahnstationen bieten sich vielfältige Möglichkeiten der individuellen Gestaltung der Bauwerke, sodass sich diese in die vorhandenen Strukturen einbinden lassen.

Bei aufgeständerten Stationen ist die Zugänglichkeit grundsätzlich über Treppenanlagen zu gewährleisten. Darüber hinaus müssen die Stationen mit zusätzlichen Aufzugsanlagen den **barrierefreien Anforderungen** an öffentlich zugängliche Anlagen gerecht werden (vgl. Kapitel 6.1.4). Die Außenhüllen der Stationen können architektonisch frei gestaltet und damit individuell an die jeweilige Umgebung angepasst werden (vgl. Kapitel 5.3.1). Dabei sind die durch das Tragwerk der Station vorgegebenen Stützstellen zu beachten.

Antrieb

Je nach projektspezifischen Anforderungen wird der Antrieb als Ober- oder Unterflurantrieb konzipiert bzw. als reine Antriebs- oder Antriebsspannstation eingesetzt. Der Antrieb besteht aus einem Antriebsmotor, einer Betriebsbremse, einer Sicherheitsbremse und dem Getriebe. Alternativ wird im Seilbahnbau der Direktantrieb verwendet.

Stützen

Hinsichtlich der Ausbildung der Stützen haben sich bei Einseilumlaufbahnen (EUB) Zylinderrohrstützen und bei Zweiseilumlaufbahnen (2S) und Dreiseilumlaufbahnen (3S) Fachwerkstützen aus Stahl als Standard etabliert. Die Zylinderrohrstütze benötigt ein zentrales Betonfundament, während Fachwerkstützen vier Betonfundamente benötigen. Hierbei bestehen die einzelnen Stützen aus einer Zusammenstellung von Stahlrohren verschiedener Länge, Durchmesser und Wandstärke. Grundsätzlich sind auch Sonderlösungen für die Seilbahnstützen umsetzbar, mit Auswirkung auf die Kosten. Eine entsprechende Umsetzung ist im Einzelfall zu prüfen.

Je nach topografischen Gegebenheiten werden die einzelnen Stützenschäfte zur Baustelle transportiert und dort montiert. Sonderstützen sind Stützen mit einer Höhe von über 30 Metern, diese werden als geteilte Rundrohrstützen bzw. als Fachwerkstützen ausgeführt.

Rollenbatterie

Die Rollenbatterien dienen zur Führung des Förderseils entlang der Strecke. Jede Rollenbatterie besteht aus einer Anordnung von Seilrollen. Die Anzahl der Seilrollen wird entsprechend den Lasten, die das Seil transportieren muss, definiert. Jede Seilrolle besteht aus einem Grundkörper, dem Rollenring und der Bordscheibe.

Seil

Die Stahlseile bestehen aus Seillitzen, welche sich um den Seilkern winden. Die Seile werden von spezialisierten Unternehmen hergestellt und vor Ort gespleißt.

Seilbahnsteuerung und Antriebselektronik

Mittels Seilbahnsteuerung wird die Sicherheit der Anlage überwacht. Hierfür werden alle erforderlichen Informationen in Echtzeit auf einem Dashboard angezeigt. Erforderliche Schaltungen können auf dieser Grundlage für den Betrieb vorgenommen werden. Über die Antriebselektronik werden die Fahrgeschwindigkeit und das Verhalten der Anlage beim Anfahren und Stoppen kontrolliert.

Kabinen

Modular aufgebaute Standardkabinen für 10er- oder 15er-Kabinenbahnen sind in den Programmen unterschiedlicher Hersteller verfügbar. Die Sitzplatzbreiten variieren je nach Hersteller zwischen 425 und 450 Millimetern (Standardwert im Nahverkehr). Die Kabinenausstattungen können individuell auf die Bedürfnisse der Nutzergruppen angepasst werden (z. B. Berücksichtigung von Klappsitzen zur Mitnahme von Fahrrädern und Rollstühlen). Darüber hinaus sind moderne Kabinen mit folgenden Ausstattungselementen erweiterbar:

- Sitzheizung, Lüftung
- LED-Innenbeleuchtung
- Überwachungskameras
- WLAN, Audio-/Videoübertragung
- Kipp- bzw. Schwingflügel Fenster
(Einsatz von Littering Protection: Hierbei handelt es sich um eine spezielle Ausführung von Fensteröffnungen, welche das Hinauswerfen von Gegenständen verhindert)
- Weitere technische Besonderheiten nach Bedarf

Ergänzende Luftkanäle im Unterboden und im Bereich der Fußleisten können für eine indirekte Grundbelüftung in der Kabine sorgen. Kipp- und Schwingflügel Fenster leiten noch mehr Frischluft in den Innenraum. Ergänzend kann auch eine Aktivlüftung oder Klimaanlage integriert werden. Diese Ergänzung ist jedoch aufgrund der fehlenden Stromversorgung entlang der Strecke und der begrenzten Batteriekapazität mit Mehraufwand verbunden und hinsichtlich der Stationsaufenthaltszeiten mit offenen Kabinentüren energietechnisch nicht sinnvoll.

Klemmen

Es gibt zwei Arten von Klemmen, welche an die jeweiligen systemspezifischen Anforderungen angepasst werden können: die fixe und die kuppelbare Klemme.

Kuppelbare Klemmen haben nur ein bewegliches Bauteil, die Klemmbacke. Das Öffnen und Schließen der Klemme erfolgt damit auf direktem Wege ohne Nocken, Gelenke oder Hebelsysteme. In Ruhestellung bleibt die Klemme geschlossen.

Fixe Klemmen werden bereits seit Jahrzehnten eingesetzt. Diese Klemme besteht aus zwei gesenkgeschmiedeten Hauptteilen und wird am Seil fixiert.

6.1.2 Seilbahnsysteme im Vergleich

Die gängigsten Seilbahnsysteme im urbanen Kontext sind kuppelbare Kabinenumlaufbahnen in Ausführung als Einseilumlaufbahn (EUB), Zweiseilumlaufbahn (2S) oder Dreiseilumlaufbahn (3S). Je nach Anforderungsprofil können auch fix geklemmte Seilbahnlösungen wie die Pendelbahn als mögliche günstigere Anbindungslösungen in Betracht gezogen werden. Jedoch beschränkt sich deren Einsatzgebiet auf reine „Ende-zu-Ende-Verbindungen“ ohne Zwischenstationen.

Nachfolgend werden die Seilbahnsysteme vergleichend dargestellt. Die genannten Kennwerte beruhen auf Erfahrungen aus dem Realbetrieb (unter anderem internationale Beispiele im urbanen Raum) und wurden auf den Betrieb und die Anforderungen im ÖPNV angepasst. Hierbei wurden insbesondere für die Kabinen- und somit auch für die Gesamtförderkapazität plausible Werte ermittelt, welche erforderliche Steh- und Sonderflächen berücksichtigen. Wie auch bei anderen konventionellen Verkehrsmitteln im ÖPNV ergibt sich somit die Zahl der Stehplätze nicht aus der technisch zulässigen Belastungsgrenze, sondern wird mit $0,25 \text{ m}^2$ je Person angesetzt. Es ist anzumerken, dass es sich bei den Kennwerten um Richtwerte handelt. Diese können in Abhängigkeit von der jeweiligen Ausführung und den vorherrschenden Randbedingungen und Bedürfnissen abweichen. Die technisch zulässigen Grenzwerte der Parameter können höher ausfallen.

Kuppelbare Systeme

Der wesentliche Unterschied zwischen der Einseilumlaufbahn, Zweiseilumlaufbahn und der Dreiseilumlaufbahn liegt in der Funktion der Seile. Bei der Einseilumlaufbahn werden die Kabinen durch ein als Förderseil bezeichnetes Seil gleichzeitig getragen und bewegt. Bei der

Zweiseilumlaufbahn und der Dreiseilumlaufbahn werden die Kabinen durch zwei getrennte Seile oder Seilgruppen getragen (Tragseil) und bewegt (Zugseil). Die Dreiseilumlaufbahn ist eine Zweiseilumlaufbahn mit doppelten Tragseilen.

Abbildung 13:
Einseilumlaufbahn (EUB)

Die Kabinen sind durch kuppelbare Klemmen mit dem Endlosförderseil verbunden. Diese Bahnen weisen unterschiedliche Geschwindigkeiten in den Stationen und auf der freien Strecke aus. Beim Verlassen der Station werden die auf Schienen laufenden Fahrzeuge in der Station durch entsprechende Vorrichtungen von der geringen Stationsumlaufgeschwindigkeit (< 1,8 km/h) auf die Förderseilgeschwindigkeit (maximal 22 km/h) beschleunigt und durch Schließen der Klemme mit dem Seil gekuppelt. Der gleiche Vorgang findet auch beim Erreichen der Station statt.

Seilanzahl [Stück]	Ein Seil als Trag- und Zugseil
Gesamtförderkapazität [Personen/Stunde/Richtung] bei einem Takt von 30 s	960 – 1.200
Kabinenkapazität [Personen]	8 – 10
Spurweite [Meter]	6 – 6,5
Geschwindigkeit [Kilometer/Stunde]	22
Sektionslänge [Meter]	5.000
Stützenweite [Meter]	200 – 300
Trassenbreite [Meter]	16 – 20

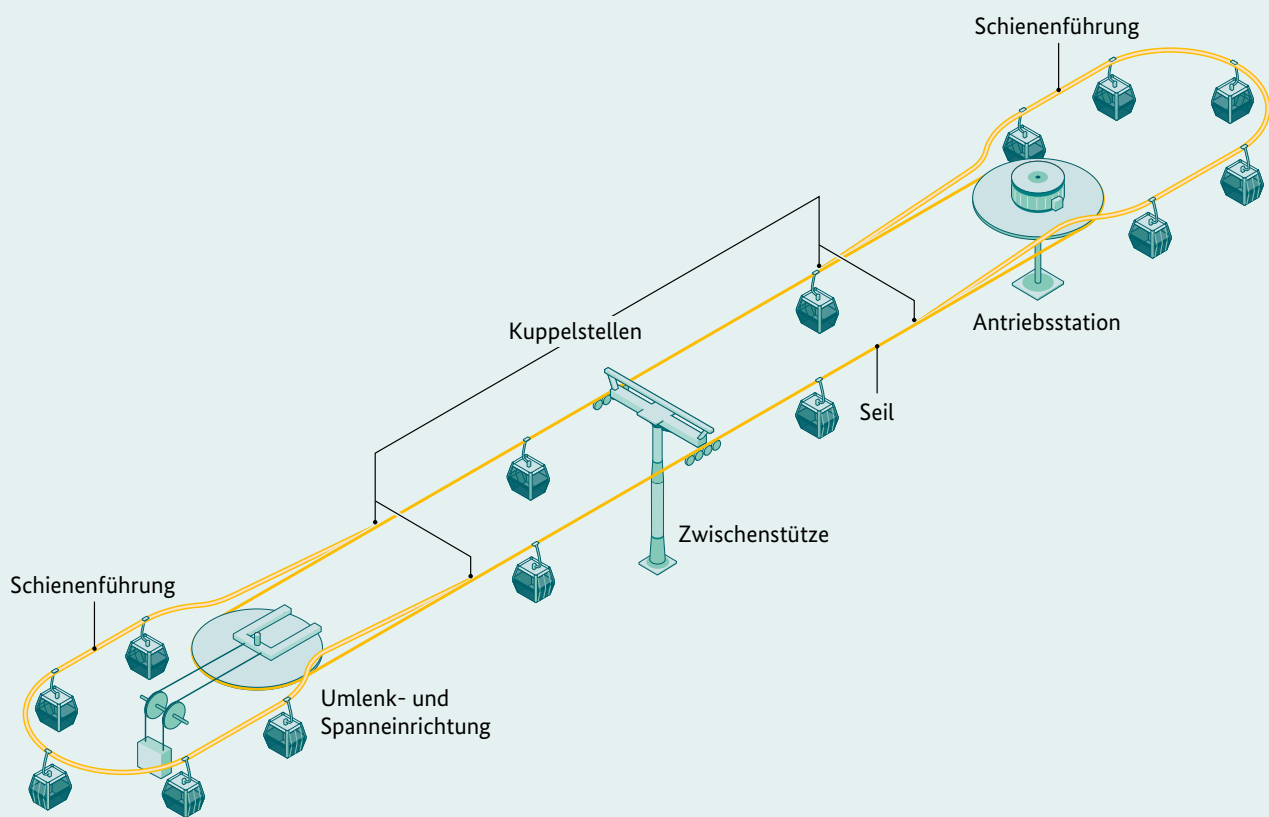


Abbildung 14:
Zweiseilumlaufbahn (2S)

Bei Zweiseilumlaufbahnen übernehmen zwei unterschiedliche Seilarten die Trag- und Zugfunktion. Je Fahrspur ist ein Zugseil in einer Station fest verankert und wird in der Gegenstation stets auf konstanter Spannung gehalten. Dies erfolgt über Spannungsgewichte oder hydraulische Spannvorrichtungen. Die Laufwerke der Seilbahnkabinen laufen über die Tragseile. Bewegt werden die Kabinen durch das Zugseil. Hierbei handelt es sich um ein endlos gespleißtes Seil, das sich stets mit gleicher Geschwindigkeit in die gleiche Richtung bewegt. Mittels lösbarer Klemmen werden die Kabinen mit dem Zugseil verbunden.

In den Stationen verlassen die Kabinen das Tragseil und fahren auf eine in der Station installierte Hängeschiene. Hier werden die Klemmen vom Zugseil gelöst. Die Kabinen werden hier mit Hilfe von Reifenförderern abgebremst, was einen Fahrgastwechsel mit stark verringerter Geschwindigkeit oder auch im Stillstand ermöglicht. Nach dem Fahrgastwechsel werden die Kabinen wieder auf die Geschwindigkeit des Zugseils beschleunigt und mit dem Zugseil gekuppelt.

Da das Tragen und Ziehen der Kabinen von unterschiedlichen Seilen übernommen wird, sind mit 2S-Bahnen im Vergleich zur EUB längere Spannfelder zwischen den Stützen und größere Streckenlängen (Sektionslängen) möglich. Zudem ermöglichen 2S-Bahnen den Einsatz größerer Kabinen (bis zu 15 Personen).

Seilanzahl [Stück]	Zwei Seile: ein Seil als Zugseil, ein Seil als Tragseil
Gesamtförderkapazität [Personen/Stunde/Richtung] bei einem Takt von 30 s	1.200 – 1.800
Kabinenkapazität [Personen]	10 – 15
Spurweite [Meter]	9
Geschwindigkeit [Kilometer/Stunde]	25
Sektionslänge [Meter]	6.000
Stützenweite [Meter]	500 – 750
Trassenbreite [Meter]	19 – 22

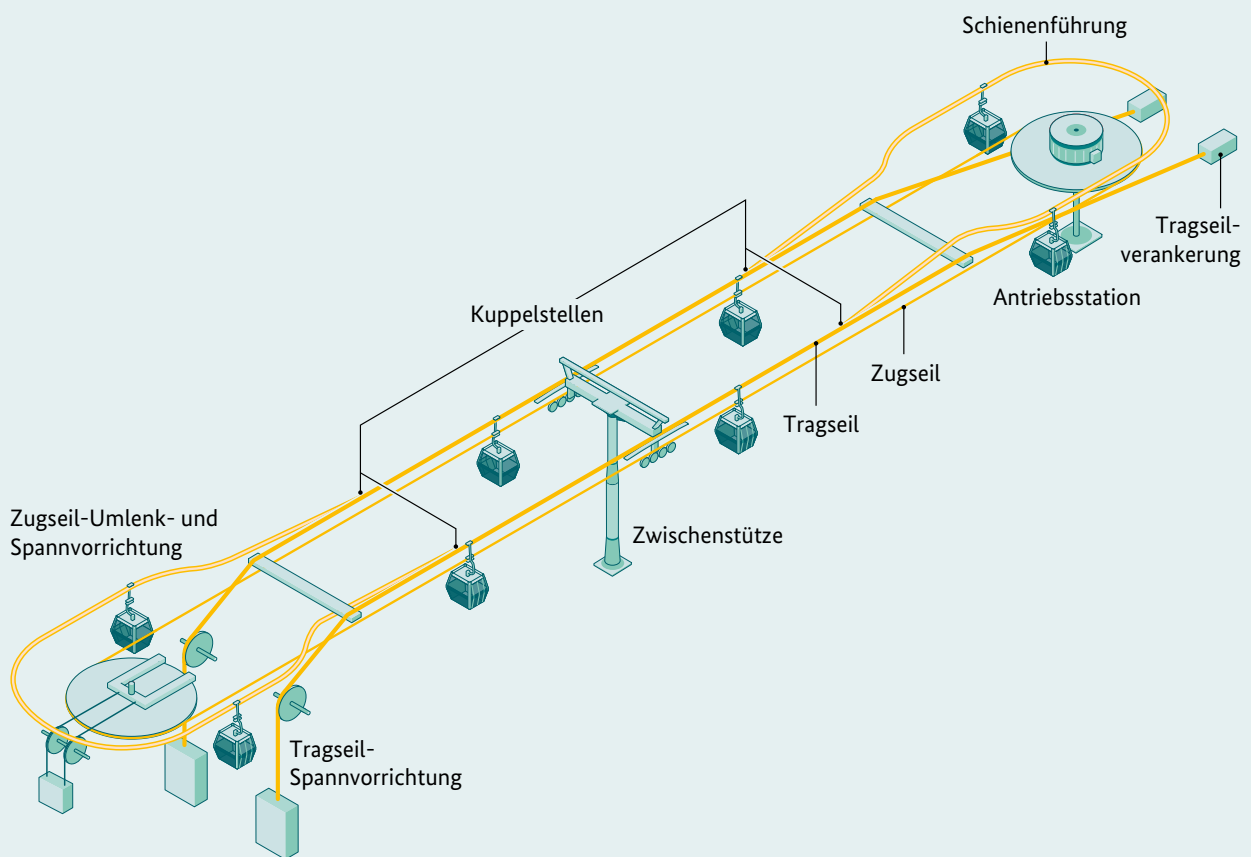


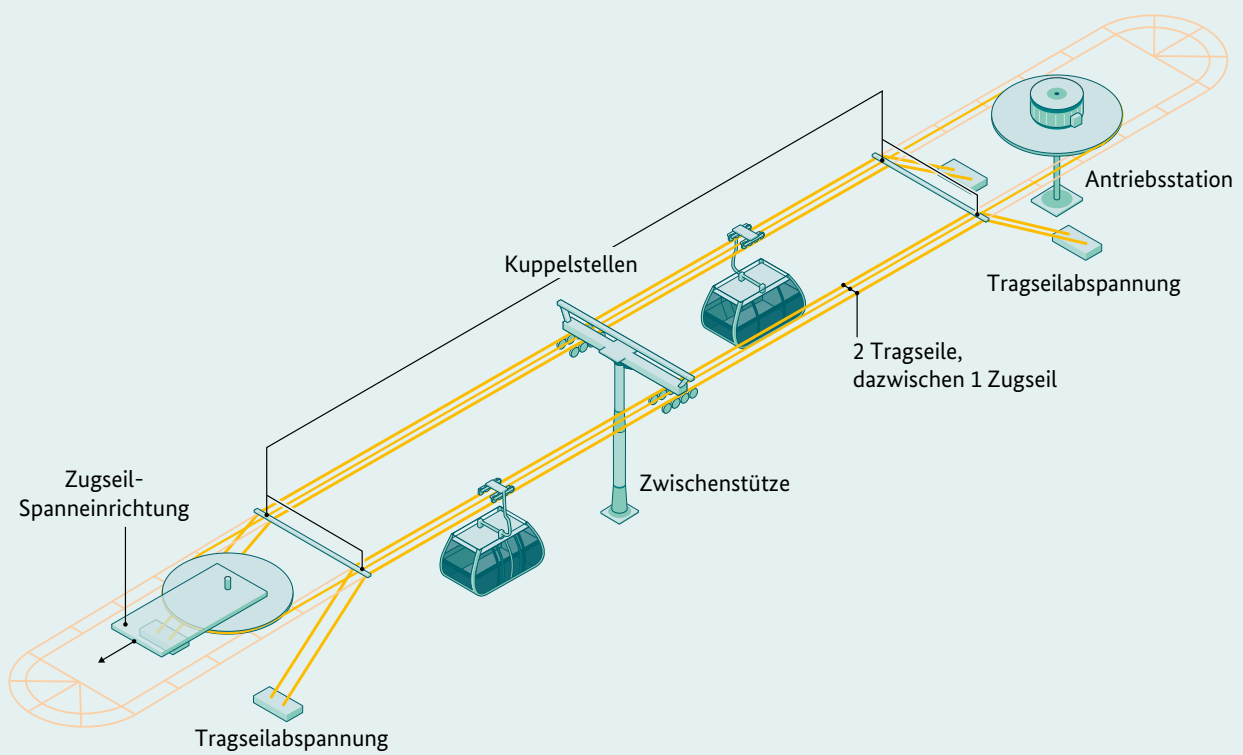
Abbildung 15:
Dreiseilumlaufbahn (3S)

Bei einer Dreiseilumlaufbahn handelt es sich im Prinzip um eine kuppelbare Zweiseilumlaufbahn mit doppelten, fix verankerten Tragseilen und einem endlos gespleißten Zugseil. Auf jeder Fahrbahnseite befinden sich somit drei Seile. Ein wesentlicher Vorteil des Systems ist die Zugseilführung in langen Spannfeldern mittels an beiden Tragseilen angebrachten Seilreitern (Zwischenaufhängungen). Diese Seilanordnung bewirkt neben der sicheren Zugseilaufgabe auch eine Tragseilstabilisierung. Aufgrund der doppelten Tragseile ist die Dreiseilumlaufbahn ein sehr windstabiles System.

Bei der Zugseilführung mittels Seilreitern verringert sich im Vergleich zu einer Zweiseilumlaufbahn der Spannweg der Zugseilschleife. Vor allem aber ermöglicht die Dreiseilumlaufbahn sehr große Seilspannfelder zwischen zwei Stützen.

Die kuppelbaren Laufwerke aller Dreiseilumlaufbahnen (3S) verfügen über acht Laufrollen, je vier pro Tragseil. In den Stationen werden die Kabinen mit Reifenförderern im Schrittempo befördert. Die Dreiseilumlaufkabinen fassen bis zu 35 Personen.

Seilanzahl [Stück]	Drei Seile: ein Seil als Zugseil, zwei Seile als Tragseile
Gesamtförderkapazität [Personen/Stunde/Richtung] bei einem Takt von 60 s	1.800 – 2.100
Kabinenkapazität [Personen]	30 – 35
Spurweite [Meter]	10 – 11
Geschwindigkeit [Kilometer/Stunde]	29
Sektionslänge [Meter]	7.000
Stützenweite [Meter]	800 – 1.000
Trassenbreite [Meter]	21 – 24



Fix geklemmte Systeme

Die Kabinen im fix geklemmten System sind fest am Tragseil verankert und im Betrieb nicht

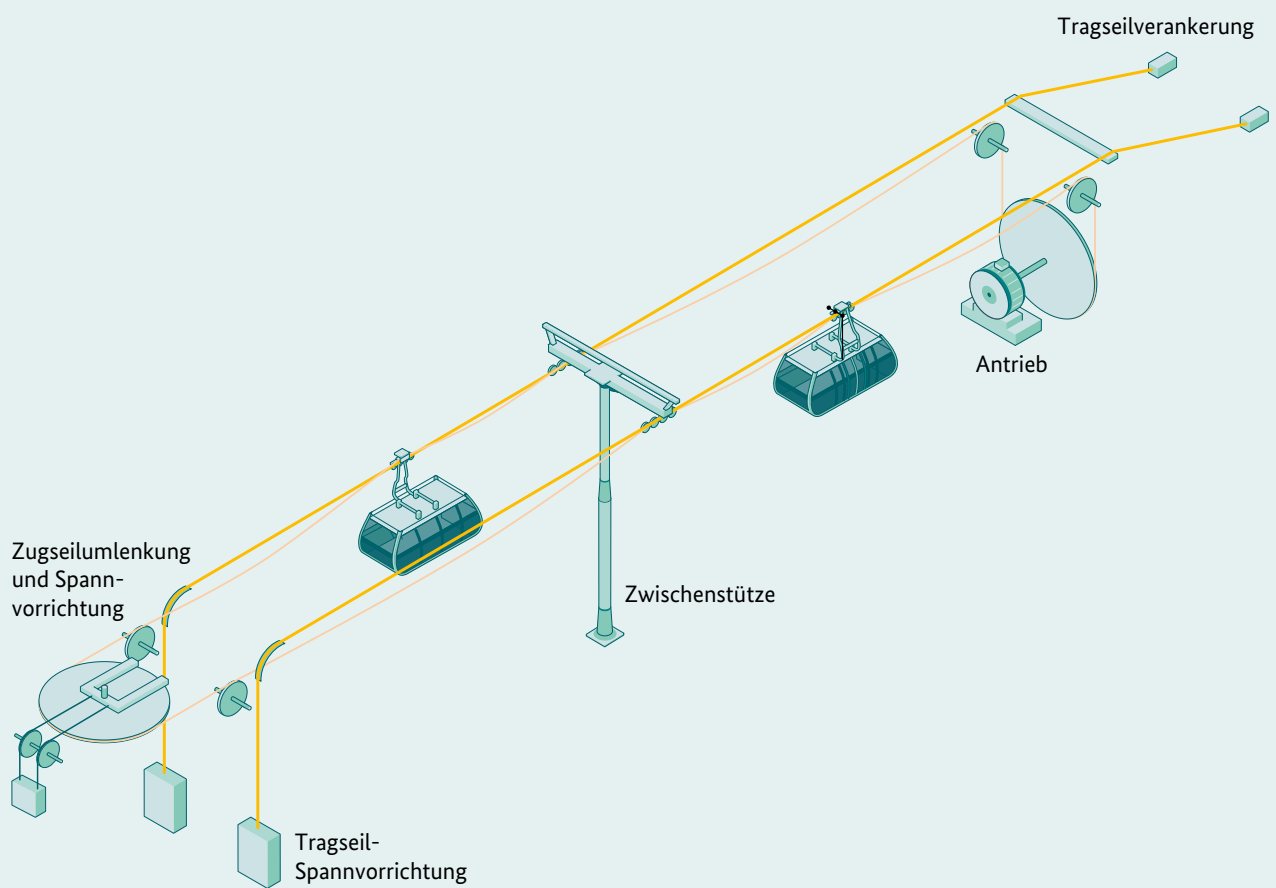
automatisch lösbar. Sie werden in den Stationen mittels des Seilantriebsstranges zum Stillstand gebracht.

Abbildung 16:
Pendelbahn

Pendelbahnen fahren stets auf der gleichen Fahrspur zwischen zwei Stationen hin und her. Daher kann je Fahrspur nur eine Seilbahnkabine an das Seil gehängt werden. In der Regel werden Pendelbahnen mit zwei Fahrspuren gebaut, auf denen die Kabinen in jeweils entgegengesetzter Richtung verkehren. Grundsätzlich ist jedoch auch die Ausführung von Pendelbahnen mit nur einer Fahrspur möglich. Die Kabinen verkehren auf ein oder zwei Tragseilen und sind fix an ein Zugseil geklemmt. Das Zugseil ist über eine Umlenkscheibe mit dem Gegenseil verbunden und bildet mit diesem eine geschlossene Seilschleife. Dies ist erforderlich, um das Zugseil zu spannen und die wandernden Seillasten auszugleichen.

Da es pro Fahrtrichtung nur eine Kabine gibt, fassen diese meist größere Kapazitäten als die Kabinen der Umlaufbahnen. Die erreichbare Systemkapazität ist abhängig von der Streckenlänge, der Systemgeschwindigkeit und der Kabinengröße.

Seilanzahl [Stück]	Drei Seile: ein Seil als Zugseil, zwei Seile als Tragseile
Gesamtförderkapazität [Personen/Stunde/Richtung] bei einer Sektionslänge von 7 km	300 – 660
Kabinenkapazität [Personen]	50 – 110
Spurweite [Meter]	10 – 16
Geschwindigkeit [Kilometer/Stunde]	43
Sektionslänge [Meter]	7.000
Stützenweite [Meter]	800 – 1.000
Trassenbreite [Meter]	24 – 30



Sonderform

Gruppenbahnen können sowohl als kuppelbares als auch als fix geklemmtes System ausgeführt werden.

Gruppenbahn

Gruppenbahnen bestehen aus einer oder mehreren Kabinengruppen, die fix an ein Zug- bzw. Förderseil geklemmt werden. Die Kabinengruppen bestehen meist aus zwei bis sechs Kabinen. Gruppenbahnen können sowohl als Umlaufbahnen, als auch als Pendelbahnen betrieben werden. Gruppenpendelbahnen unterscheiden sich von gewöhnlichen Pendelbahnen nur durch die Anzahl der je Fahrtrichtung am Seil befindlichen Kabinen. Gruppenumlaufbahnen verbinden hingegen das Umlaufprinzip mit festen Seilklemmen. Im Betriebsablauf ähneln sie daher Pendelbahnen, da das Zug- bzw. Förderseil immer wieder angehalten wird.

Die erreichbare Systemkapazität ist vergleichsweise gering und wie bei der Pendelbahn abhängig von der Streckenlänge, der Systemgeschwindigkeit und der Kabinengröße. Im Umlaufbetrieb werden daher in der Regel kuppelbare Systeme gegenüber Gruppenbahnen bevorzugt.

Seilanzahl [Stück]	Anzahl in Abhängigkeit vom gewählten System
Gesamtförderkapazität [Personen/Stunde/Richtung] bei einer Sektionslänge von 7 km und 5 Kabinen einer Gruppenbahn	150 – 250
Kabinenkapazität [Personen]	6 – 10
Spurweite [Meter]	6 – 6,5
Geschwindigkeit [Kilometer/Stunde]	25
Sektionslänge [Meter]	5.000
Stützenweite [Meter]	200 – 700
Trassenbreite [Meter]	16 – 20



Exkurs 12: Technische Norm versus Umsetzung

Die Sicherheitsanforderungen an Seilbahnen werden in einer Reihe von Normen definiert (vgl. Verzeichnis DIN-EN-Normen – betreffend Sicherheitsanforderungen an Seilbahnen für die Personenbeförderung). Diese geben jedoch nicht immer die Grenzen des technisch und aus Sicherheitsaspekten Machbaren wieder. Beispielsweise werden in DIN EN 12929-1 „Sicherheitsanforderungen an Seilbahnen für den Personenverkehr – Allgemeine Bestimmungen – Teil 1: Anforderungen an alle Anlagen“ folgende Höchstgeschwindigkeiten definiert:

- 12,0 m/s bzw. 43 km/h für Pendelbahn
- 6,0 m/s bzw. 22 km/h für EUB
- 7,0 m/s bzw. 25 km/h für 2S-Bahnen
- 8,0 m/s bzw. 29 km/h für 3S-Bahnen

Diese sind aber nicht zwingend die maximal mögliche Geschwindigkeit. Weltweit existieren Beispiele von Seilbahnen mit höheren Geschwindigkeiten sowie anderen Abwei-

chungen zu gängigen Werten (z. B. größere Spannungsfelder der Seile, größere Kabinen, höhere Stützen). Auch diese Bahnen wurden entsprechenden technischen Prüfungen unterzogen und erfüllen die hohen Sicherheitsstandards, die für alle Seilbahnen im Personenverkehr gelten. Dies ist jedoch mit einem erheblichen Mehraufwand verbunden. Für Freizeitbahnen (z. B. „Cat Ba“ Seilbahn in Vietnam mit der weltweit höchsten Seilbahnstütze), die diese Extremwerte als Rekorde vermarkten und den zusätzlichen Aufwand ausgleichen können, kann dies ein sinnvolles Konzept sein. Für urbane Seilbahnen entstehen jedoch keine entsprechenden Vorteile. Zudem ist unklar, ob hierdurch im urbanen Kontext die Attraktivität der Seilbahn gesteigert werden könnte. Deshalb sollte nicht mit über die Grenzwerte der Norm hinausgehenden Werten geplant werden. Internationale Beispiele urbaner Seilbahnen zeigen, dass im alltäglichen Betrieb die gemäß Norm zulässigen Werte nicht ausgereizt werden.

6.1.3 Internationale Praxisbeispiele

Anhand der nachfolgenden Beispiele soll deutlich gemacht werden, dass die Seilbahntechnologie und die Ausgestaltung des Systems individuell für den jeweiligen Betrachtungsfall ausgewählt und umgesetzt werden. Für die optimale Lösungsfindung sind stets die vorherrschenden Randbedingungen (z. B. bauliche Gegebenheiten, Verkehrsnachfrage etc.) zu berücksichtigen. Mit Verweis auf Kapitel 3.1 zeigt

sich zudem, dass die möglichen Einsatzzwecke urbaner Seilbahnen weit über den Einsatz von Seilbahnen in alpinen Gebieten hinausgehen. Neben der Schließung verkehrlicher Lücken und der Verlängerung/Erweiterung des bestehenden ÖPNV-Systems besitzt die urbane Seilbahn einen großen Vorteil beim Überwinden von topografischen und baulichen Hindernissen. Hierzu zählen in den meisten Fällen Höhenunterschiede und Gewässer. Aber auch dicht besiedelte Gebiete und entsprechend wenig verfügbare

Flächen erschweren den Ausbau des bestehenden Verkehrsnetzes. Punkte, die mit anderen Verkehrsmitteln aufgrund von Hindernissen nur über Umwege erreichbar sind, können per Seilbahn auf direktem Wege verbunden werden. So können teilweise beträchtliche Reisezeiterparnisse erzielt werden.

„Téléphérique de Brest“ in Brest/Frankreich

Ausgangslage: In der nordfranzösischen Hafenstadt Brest leben rund 140.000 Menschen. Die Stadt ist an der Bucht von Brest gelegen, welche tief in das Landesinnere hineinführt. Im Bereich der Flussmündung Penfeld liegt einer der bedeutendsten Marinehäfen Frankreichs. Der ÖPNV besteht neben einer Straßenbahnlinie, welche den westlichen und östlichen Stadtteil verbindet, zum Großteil aus dem öffentlichen Busverkehr. Die Seilbahn überquert den Fluss Penfeld und verbindet das zweigeteilte Stadtzentrum vom Quartier des Capucins bis zur Station Jean Moulin.

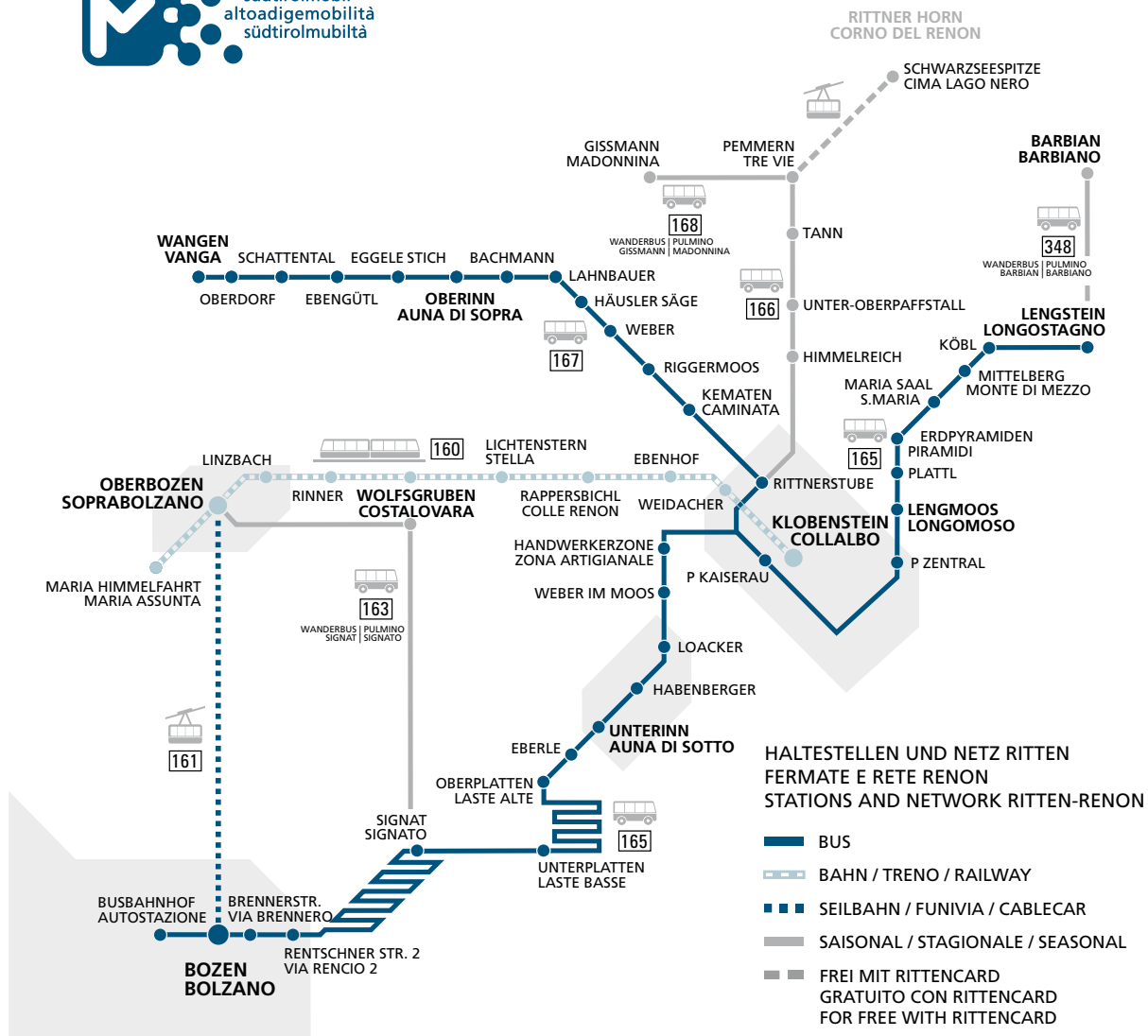
Die eingesetzte Seilbahntechnologie ermöglicht es, dass die Kabinen der Pendelbahnen nicht nebeneinander geführt werden, sondern sich übereinander kreuzen. Hierfür werden jeweils zwei Tragseile und zwei Zugseile benötigt. Durch die unterschiedlichen Spurbreiten der beiden Kabinen können sich die Fahrzeuge übereinander kreuzen. Pro Station wird dabei nur eine Einfahrtsbucht benötigt. Mit der Wahl dieser Technologie konnten erhebliche Kosten (unter anderem bei der Ausführung der Stationen) eingespart werden.



Pendelbahn „Téléphérique de Brest“ in Brest (Frankreich)

Tabelle 1: Projektbeispiel Téléphérique de Brest

Seilbahnsystem	Sonderform einer Pendelbahn (Seilbahnkabinen kreuzen übereinander)
Hersteller	Bartholet Maschinenbau AG
Anzahl der Kabinen	2 Kabinen
Kabinengröße	60 Personen
Ausstattung der Kabinen	Video und Gegensprechanlage Panoramafenster und Beleuchtungssystem Einsatz von Privacy Glass (Fensterglas verdunkelt sich in bestimmten Streckenabschnitten)
Anzahl der Linien	1 Linie
Anzahl der Stationen	2 Stationen
Systemlänge	420 m
Maximaler Stützenabstand	231 m
Seilbahnbetreiber	Bibus (Tochterfirma RATP Dev)
Inbetriebnahme	2016
Tägliche Betriebsdauer	7:30 Uhr bis 0:30 Uhr (17 Stunden)
Geschwindigkeiten	Normalgeschwindigkeit: 4,5 m/s (16,2 km/h) Höchstgeschwindigkeit (bei hoher Nachfrage): 7,5 m/s (27 km/h)
Takt	5 min in der HVZ, sonst 10 min
Maximale Beförderungsleistung	1.220 pphpd
Anzahl Fahrgäste	850.000 (2019)
Personalbedarf	Betrieb (régulation): 18 Personen Rufbereitschaft: 4 Personen Wartung: 14,5 Personen
Örtliches Personal in den Stationen	Nein
Anzahl der Betriebsunterbrechungen	2 Wochen pro Jahr für Wartung und jährliche Inspektion ¼ Tag pro Woche für wöchentliche Wartung -> insgesamt 26,5 Tage pro Jahr für Wartungs- und Inspektionsarbeiten Etwa 5-mal pro Jahr für 1 bis 5 Stunden wegen starken Windes und Gewittern
Kosten einer Fahrt	Einzelfahrt: 1,60 € Tagesticket: 2,00 €
Tarifintegration	Ja



Netzplan von Ritten (Südtirol) mit Linienführung der Rittner Seilbahn

„Rittner Seilbahn“ in Bozen/Italien

Ausgangslage: Bozen ist die Landeshauptstadt der italienischen Provinz Südtirol. Die Stadt liegt inmitten der Alpen in einem Talkessel und ist von hohen Gebirgsketten umgeben.

Die Rittner Seilbahn führt von Bozen nach Oberbozen auf den Ritten und überwindet hierbei rund 950 Höhenmeter. Die Pendelbahn aus dem Jahr 1966 wurde im Jahr 2007 geschlossen und durch eine Dreiseilumlaufbahn ersetzt. Die Seilbahn wird in erster Linie von Urlaubern und Tagesgästen genutzt, aber auch von den Bewohnern der Gemeinde Ritten.

Tabelle 2: Projektbeispiel Rittner Seilbahn Bozen

Seilbahnsystem	Dreiseilumlaufbahn
Hersteller	LEITNER AG
Anzahl der Kabinen	10 Kabinen
Kabinengröße	30 Personen
Ausstattung der Kabinen	Stehplätze verfügbar Transport von Fahrrädern und Kinderwagen möglich
Anzahl der Linien	1 Linie
Anzahl der Stationen	2 Stationen
Systemlänge	Ca. 4,56 km
Maximaler Stützenabstand	Ca. 960 m
Seilbahnbetreiber	SAD Nahverkehr AG
Inbetriebnahme	2009
Tägliche Betriebsdauer	15 h/d bis 15,75 h/d
Geschwindigkeiten	7,0 m/s 25,2 km/h
Takt	4 min (variiert je nach Uhrzeit)
Maximale Beförderungsleistung	720 Personen/Stunde/Richtung
Anzahl Fahrgäste	Ca. 1,04 Mio. jährlich
Kosten einer Fahrt	6,00 €
Tarifintegration	Ja

„Téléphérique Urbain Sud“ in Toulouse/ Frankreich

Ausgangslage: Toulouse ist eine Stadt im Süden Frankreichs, durch die der Fluss Garonne fließt. Während im Zentrum der Stadt viele Brücken über den Fluss existieren, gibt es im Süden nur wenige Querungsmöglichkeiten. Dort befinden sich jedoch mehrere bedeutsame Einrichtungen. Um die südöstlichen und südwestlichen Stadtbereiche besser zu verbinden, hat man sich in

Toulouse für den Bau einer Seilbahn entschieden, da diese die zahlreichen Hindernisse auf direktem Weg überschweben und somit eine attraktive Verbindung herstellen kann.

Im Mai 2022 wurde die neue Seilbahn eröffnet. Für die rund 3 Kilometer lange Strecke benötigt die Seilbahn 10 Minuten. Für die gleiche Verbindung wird mit dem Auto eine Fahrzeit von etwa 30 Minuten benötigt.



Dreiseilumlaufbahn „Téléphérique Urbain Sud“ in Toulouse (Frankreich)

Tabelle 3: Projektbeispiel Téléphérique Urbain Sud Toulouse

Seilbahnsystem	Dreiseilumlaufbahn
Hersteller	Pomagalski S.A.S. (POMA)
Anzahl der Kabinen	15 Kabinen
Kabinengröße	34 Personen, davon 20 Sitzplätze
Ausstattung der Kabinen	Bildschirme, Notrufsäulen, Videoüberwachung Stehplätze verfügbar, Transport von Fahrrädern und Kinderwagen möglich
Anzahl der Linien	1 Linie
Anzahl der Stationen	3 Stationen
Systemlänge	Ca. 3 km
Maximaler Stützenabstand	Ca. 1.010 m
Seilbahnbetreiber	Tisséo
Inbetriebnahme	2022
Tägliche Betriebsdauer	19,25 h/d
Geschwindigkeiten	7,5 m/s 27 km/h
Takt	1,5 min
Maximale Beförderungsleistung	1.360 Personen/Stunde/Richtung
Kosten einer Fahrt	1,70 €
Tarifintegration	Ja

„Mi Teleférico“ in La Paz/Bolivien

Ausgangslage: Zusammen mit der angrenzenden Stadt El Alto bildet La Paz den bevölkerungsreichsten Ballungsraum Boliviens. Die Stadt liegt in den Anden und ist der weltweit höchstgelegene Regierungssitz.

Die anspruchsvolle Topografie bringt im Verkehr einige Schwierigkeiten mit sich. Es gibt nur wenige gut ausgebaute Straßen. Diese führen alle durch das Stadtzentrum und sind aufgrund des hohen Verkehrsaufkommens oftmals überlastet. Schienengebundene Verkehrsmittel existieren in La Paz nicht. Der öffentliche Nahverkehr wird durch ein dichtes Netz aus Taxis und Sammelbussen ohne feste Haltestellen bedient. Diese sind jedoch ebenfalls von den Verkehrsproblemen betroffen und verstärken diese, insbesondere im Stadtzentrum, noch zusätzlich.

Um die Verkehrsprobleme zu entschärfen, entschloss man sich in La Paz zur Errichtung eines ganzen Netzes aus Seilbahnlinien und somit zur Etablierung der Seilbahn als Rückgrat des Verkehrs. Die ersten drei Linien konnten im Jahr 2014 in Betrieb gehen. Seitdem wurde das Netz kontinuierlich ausgebaut. Mittlerweile besteht es aus zehn Linien, die auch die Nachbarstadt El Alto mit La Paz verbinden.

Auch wenn die politischen und gesellschaftlichen Verhältnisse sowie das bestehende ÖPNV-Angebot vor dem Bau der Seilbahn in La Paz nicht mit der Situation in Deutschland vergleichbar sind, so können die Seilbahnen in La Paz und anderen südamerikanischen Städten dennoch aus technischer Sicht, insbesondere mit Blick auf die potenziell mögliche Leistungsfähigkeit, als Beispiel angeführt werden. Die angewendeten grundlegenden Sicherheitsanforderungen entsprachen auch in Südamerika der EN-Normenreihe.



Einseilumlaufbahn
„Mi Teleférico“ in La Paz (Bolivien)

Tabelle 4: Projektbeispiel Mi Teleférico La Paz

Seilbahnsystem	Einseilumlaufbahn
Hersteller	Doppelmayr Seilbahnen GmbH
Anzahl der Kabinen	1.364 Kabinen
Kabinengröße	10 Personen
Ausstattung der Kabinen	Video, Zweiwege-Sprechanlage, WLAN, Beleuchtung
Anzahl der Linien	10 Linien
Anzahl der Stationen	44 Stationen (mehrere Stationen in einem Gebäude möglich)
Systemlänge	Ca. 31 km
Maximaler Stützenabstand	Ca. 300 m
Seilbahnbetreiber	Empresa Estatal de Transporte por Cable „Mi Teleférico“ (EETCMT)
Inbetriebnahme	2014 (seitdem kontinuierliche Inbetriebnahme weiterer Linien)
Tägliche Betriebsdauer	17 h/d
Geschwindigkeiten	5,0 m/s – 6 m/s 18 km/h – 21,6 km/h
Takt	9 s – 12 s
Max. Beförderungsleistung	4.000 Personen/Stunde/Richtung
Anzahl Fahrgäste	Ca. 100 Mio.
Systemverfügbarkeit/Anzahl der Betriebsunterbrechungen	Je Linie eine Unterbrechung pro Jahr für Wartungsarbeiten, durchschnittliche Dauer 5 – 6 Tage, maximal eine Woche; darüber hinaus nur kurze Unterbrechungen während Gewittern Verfügbarkeit über 99,7 %
Kosten einer Fahrt	3,00 Bolivianos (0,42 €, Wechselkurs 15.08.2022)
Tarifintegration	Nein

6.1.4 Barrierefreiheit

Gemäß § 8 Behindertengleichstellungsgesetz (BGG) sind öffentlich zugängliche Verkehrsanlagen und Beförderungsmittel im ÖPNV nach Maßgabe der einschlägigen Rechtsvorschriften des Bundes barrierefrei zu gestalten. Weitergehende landesrechtliche Vorschriften bleiben unberührt. Barrierefreiheit – also eine Zugänglichkeit und Nutzbarkeit für Menschen mit körperlichen Einschränkungen – ist somit grundsätzlich im urbanen Bereich weitestgehend umzusetzen. Es dürfen keine Hemmnisse für die Fahrgäste bestehen, ein Verkehrsmittel zu nutzen und zwischen anderen Verkehrssystemen zu wechseln.

Eine urbane Seilbahn sollte für potenzielle Fahrgäste ohne Einweisung nutzbar sein. Alle relevanten Fahrgastinformationen im Regelbetrieb, also auch im Falle von Störungen, müssen im Zwei-Sinne-Prinzip zur Verfügung gestellt werden.

Die Gestaltung des Systems und insbesondere der Stationen sollten sich am Standard anderer Verkehrssysteme orientieren. Hierbei ist DIN 18040 „Barrierefreies Bauen – Planungsgrundlagen“ anzuwenden. Weiter muss das mechanische System der EU-Verordnung 1300/2014 über die technischen Spezifikationen für die Interoperabilität bezüglich der Zugänglichkeit des Eisenbahnsystems der Union für Menschen mit Behinderungen und Menschen mit eingeschränkter Mobilität tauglich sein.

Seilbahnstation: Die Zugänglichkeit der Stationen muss sowohl über einen Treppenaufgang als auch über eine Rampe, Fahrtreppe oder ein aufzugstechnisches Systemelement ermöglicht werden.

Seilbahnkabinen: Da die einzelnen Kabinen innerhalb der Station lediglich mit einer Minimalgeschwindigkeit ($< 1,8$ km/h) befördert werden, wird der Ein- und Ausstieg selbst für körperlich eingeschränkte Menschen ermöglicht. Nach Bedarf können die Kabinen auch vollständig gestoppt werden, um den Ein- und Ausstieg im Stand zu gewährleisten. Personal vor Ort kann hierbei unterstützen. Die Zugänglichkeit der Kabinen ist ebenerdig auszuführen. Der Abstand zwischen Kabine und Bahnsteig ist hierbei so gering wie möglich zu halten und sollte sowohl den Abstand als auch den Höhenunterschied von 5 Zentimetern nicht überschreiten, um als barrierefrei zu gelten.

Alle Gegenstände und Mobilitätshilfen, die gemäß den Beförderungsbestimmungen im ÖPNV mitnahmeberechtigt sind, sollen in den Kabinen befördert werden können. Entsprechend gestaltete Stell- und Sitzplätze sind vorzusehen. Ebenso ist die erforderliche Türbreite von $\geq 0,90$ Metern zu berücksichtigen. Die Notrufe und Sprechereinrichtungen in der Kabine sind barrierefrei zu gestalten. Das Öffnen und Schließen der Türen muss visuell und akustisch angezeigt werden.



Exkurs 13: Fahrgastwechsel

Erfahrungsgemäß wird insbesondere der Ein- und Ausstiegsprozess für Menschen mit körperlichen Einschränkungen als problematisch erachtet. Die meisten Umlaufbahnen setzen auf einen Fahrgastwechsel mit stark reduzierter Kabinengeschwindigkeit. Die Kabinen werden in den Stationen vom Seil abgekuppelt und stark verlangsamt, sie kommen jedoch nicht zum Stillstand. Die geringen Geschwindigkeiten stellen in der Regel kein Hindernis beim Fahrgastwechsel dar. Die Nutzbarkeit des Systems kann im Rahmen eines Vor-Ort-Besuchs vergleichbarer Bahnen (bspw. touristische Seilbahn Koblenz) mit entsprechenden Interessengruppen erprobt werden. Aus Gründen der Barrierefreiheit und des Komforts kann jedoch insbesondere im urbanen Raum ein Fahrgastwechsel bei vollständigem Stillstand der Kabinen gewünscht sein.

Technisch ist auch ein vollständiger Stillstand der Kabinen realisierbar. Dies wirkt sich jedoch auf die Fahrzeit und vor allem auf die Kapazität der Seilbahnanlage aus. Bewegen sich die Kabinen, gibt es keinen festen Ort zum Ein- und Aussteigen, die Kabinen können die Station eng aneinandergereiht durchfahren.

Da es möglich ist, dass mehrere abfahrbereite Kabinen in der Station stehen, kann auch der Takt frei gewählt werden. Er ist lediglich durch die erforderlichen Mindestabstände durch die Kabinen am Seil begrenzt. Sollen die Kabinen hingegen vollständig zum Stillstand kommen, muss dies an jeweils vordefinierten Punkten geschehen. Eine nachfolgende Kabine kann diesen Punkt zum Fahrgastwechsel erst anfahren, wenn er von der vorausfahrenden Kabine geräumt wurde. Die Fahrzeugfolgezeit ist somit zwangsläufig größer als die für den Fahrgastwechsel vorgesehene Stillstandszeit. Der aus der erhöhten Fahrtenfolgezeit resultierende geringere Takt führt entsprechend zu einer geringeren Kapazität.

Es ist jedoch zu berücksichtigen, dass die dichteste, technisch mögliche Fahrzeugfolgezeit zu Kapazitäten führt, die in Deutschland in der Regel nicht erforderlich sind. Üblicherweise existiert bei solch hoher Nachfrage bereits ein ÖPNV-Angebot. Daher können auch die bei vollständigem Stillstand der Kabinen erreichbaren Kapazitäten noch ausreichend sein. Dies ist jeweils projektspezifisch in Abhängigkeit von der prognostizierten Nachfrage zu klären.

6.1.5 Sicherheit

Allgemein

Bei Neuanlagen, wesentlichen Umbauten bzw. Erneuerungen und bei Änderungen der technischen Seilbahnparameter ist eine detaillierte Risiko- und Sicherheitsbewertung nach europäischen EN-Seilbahnnormen erforderlich. Als Beispiel sei hier DIN EN 17064 „Sicherheitsanforderungen an Seilbahnen für die Personenbeförderung – Brandverhütung und -bekämpfung“ genannt. Die Sicherheitsanalyse ist durch eine von der in den Ländern jeweils zuständigen Aufsichtsbehörde benannte Stelle durchzuführen. Alle Szenarien, welche eine Gefahr für Passagiere darstellen können, sind zu identifizieren.

Die Prüfung von Seilbahnen ist technisch in ganz Deutschland einheitlich. Seilbahnen werden grundsätzlich einmal jährlich von der Aufsichtsbehörde oder einer zertifizierten Stelle geprüft. Diese Prüfung auf Sicherheit und Funktionsfähigkeit (Seile, Bremsen, Einfahrt, Ein- und Auskuppeln, sämtliche elektrische Überwachungseinrichtungen etc.) umfasst sämtliche Bauteile und Baugruppen sowie die Gesamtanlage und das Umfeld der Seilbahn. Diese Prüfungen können normalerweise während der vorgesehenen Stillstandszeiten der Anlage stattfinden. Bei Seilbahnen, die aufgrund einer Ausnahmegenehmigung in der Ausführung oder im Betrieb von den bekannten technischen Regeln abweichen oder bei denen besondere Herausforderungen an einzelnen Komponenten auftreten oder zu erwarten sind, richten sich Art und Umfang der Prüfung nach den Besonderheiten des Falles.

Darüber hinaus ist der Betreiber verpflichtet, halbjährlich eine Zwischenprüfung durchzuführen und an die benannte Stelle bzw. Aufsichtsbehörde zu berichten.

Ein wichtiger Baustein im Gesamtsicherheitskonzept ist die Abnahme der Anlage, bevor sie überhaupt in Betrieb geht. Zur Bewertung der Betriebssicherheit gehört eine detaillierte Prüfung der Seilbahntechnik, des Stahl- und Hochbaues, der Risikoanalyse und des Brandschutzkonzeptes. Im Rahmen der Abnahmeprüfung werden dann alle Sicherheitseinrichtungen auf ihre korrekte Funktion hin geprüft. Zudem werden Fahr- und Bremsproben mit Maximalbeladung durchgeführt. Im Folgenden werden sicherheitsrelevante Einflüsse und Themen in Bezug auf den Betrieb von Seilbahnen erläutert.

Brandschutz

Die Umsetzung des Brandschutzes ist spezifisch je Projekt zu beachten. Die Anforderungen der Sicherheit und brandschutztechnischer Belange der Stationen, Kabinen und der Trasse sind zu berücksichtigen, die Regeln der Technik und die gültigen Gesetze und Richtlinien (vgl. Nachweis von Gesetzestexten und Rechtsverordnungen und Verzeichnis DIN-EN-Normen – betreffend Sicherheitsanforderungen an Seilbahnen für die Personenbeförderung) sind anzuwenden.

Im urbanen Raum befindet sich entlang der Seilbahntrasse eine nicht zu unterschätzende Anzahl an Brandlasten. Hierbei ist stets die Frage zu stellen: „Was befindet sich unter und im nahen Umfeld der Seilbahn?“ Aus der Brandschutznorm DIN EN 17064 geht hervor, dass das Umfeld der Seilbahnachse in einem Radius von zwölf Metern zu bewerten ist. Hierfür ist im Voraus stets ein

On-Site-Track-Assessment durchzuführen, das heißt, es ist zu untersuchen, wo sich kritische Strukturen befinden und wie hoch deren Risiko bewertet werden muss. Es wird empfohlen, diese Bewertung durch interdisziplinäre Sachverständige mit Seilbahn-Expertise durchführen zu lassen, um die seilbahnspezifischen Belange treffend zu ermitteln.

In Kabinen wird empfohlen, Brandlasten so gering wie möglich zu halten. Bei kombinierten Personen- und Güterbahnen ist Brandlast in Güterkabinen (Fracht) kritisch zu berücksichtigen. Für die Brandbekämpfung ist in den Kabinen ein zugelassenes Löschgerät vorzusehen. Aufgrund der hohen Zahl missbräuchlicher Anwendungen werden in einigen Seilbahnen Löschdecken anstelle von Handfeuerlöschern bevorzugt.

Im Brandfall ist zwischen verschiedenen Ereignissen (Umfeld, Station oder Kabine) zu unterscheiden. In allen Fällen hat das Leerfahren der Seilbahn (d. h. Weiterfahrt zur Evakuierung der Fahrgäste in die nächstgelegene Station) oberste Priorität. Es muss stets gewährleistet werden, dass die Betriebssicherheit des Seils nicht gefährdet wird. Zweiseil- und Dreiseilsysteme besitzen gegenüber Einseilumlaufbahnen erhöhte Anforderungen, da sich das Tragseil immer an derselben Stelle befindet. Dies bringt eine höhere punktuelle Erhitzung und damit eine potenziell geringere mechanische Resilienz mit sich. Im Falle eines Brandes der Kabinen werden diese in die Station gefahren. Dort sind entsprechende Maßnahmen durchführbar.

Folgende vier wesentliche Punkte sind im Brandfall entscheidend:

- Detektion des Brandes
- Schnelles Einleiten organisatorischer Maßnahmen (zum Beispiel die Seilbahn schnell leerfahren, weiteres Einsteigen verhindern)
- Wirksame Maßnahmen, um Brandlast zu reduzieren (Ausstattung der Kabinen sowie beschränkte Mitnahme von feuergefährlichen Gütern, analog zum Luftverkehr)
- Ausreichende Bemessung der Bodenabstände schon bei der Planung der Seilbahn (Brandfall Dritter)



Exkurs 14: Sicherheitsanalyse

Im Zuge der Errichtung einer urbanen Seilbahn ist eine Sicherheitsanalyse durchzuführen. Hierbei ist zu beachten, dass Risiken, welche nicht durch die EU-(Seilbahn-)Verordnung 2016/424 sowie die harmonisierten EN-Normen abgedeckt sind, entsprechend berücksichtigt werden. Dies betrifft überwiegend externe Einflüsse aus dem urbanen Umfeld. Hierzu ist eine Abgrenzung vorzunehmen und maßgebende Faktoren in Eintrittswahrscheinlichkeit sowie Ausmaß des Zwischenfalls in die Risikokategorie einzuteilen. Weiter sind die ermittelten Gefahrensituationen und – daraus abgeleitet – Maßnahmen zu beschreiben.

Fahrgastbergung und integriertes Räumungskonzept

Durch das integrierte Räumungskonzept soll mittels technischer, organisatorischer und betrieblicher Maßnahmen eine sichere Evakuierung der Fahrgäste über die Stationen sichergestellt werden. Um den Nachweis einer gleich hohen Sicherheit gegenüber konventionellen Bergesystemen (Abseilen aus Fahrzeugen, Bergung entlang der Linie zur nächsten Stütze, separate Bergbahnen, Bergung mittels Hubschrauber etc.) zu erbringen, sind folgende Vorkehrungen zu treffen:

- Einbau eines zweiten unabhängigen Notantriebes (einschließlich des Nachweises der Antriebsfähigkeit)
- Sicherstellung ausreichender Batteriekapazitäten im Notfall bzw. Vorhaltung eines separaten Notstromaggregats für den Notantrieb
- Notlauflagerungen bei allen Seilscheiben
- Vorhaltung von Einrichtungen zum Entfernen eines den Stationsumlauf blockierenden Fahrzeugs bei Einseilumlaufbahnen
- Ausrüstung von Seillageüberwachungssystemen an allen Stützen bei Einseilumlaufbahnen
- Werkzeuge zum Einheben eines teilentgleiten Förderseils auf den Stützen, dimensioniert auf den vollbesetzten Seilstrang bei Einseilumlaufbahnen
- Sicherstellung der Erreichbarkeit der Stützen durch das Personal (vom Boden oder entlang des Seiles)
- Betriebliche Maßnahmen (z. B. Absperrungen, Freigängigkeitskontrollen)

- Ersatzteilhaltung für ausgewählte Komponenten

Das integrierte Räumungskonzept für urbane Seilbahnanlagen hat die konventionellen Bergemethoden ergänzt. Mit den damit verbundenen zusätzlichen Sicherheitseinrichtungen kann die Wahrscheinlichkeit einer Evakuierung der Fahrgäste durch Abseilen (schwierig bei schlechter Witterung oder mobilitätseingeschränkten Personen) auf ein Minimum reduziert werden. Für das integrierte Räumungskonzept ist es wichtig, ein Interventionsteam bestehend aus verschiedenen Organisationen mit Sicherheitsaufgaben (z. B. Feuerwehr) einzubinden.

Grundsätzlich kann für Seilbahnen mit Tragseilen (2S, 3S) das integrierte Räumungskonzept zur Anwendung kommen. Für Dreiseilumlaufbahnen wurde dieses auch schon vielfach behördlich abgenommen, wohingegen es bei Zweiseilumlaufbahnen bis dato nicht angewendet wurde. Bei einer Einseilumlaufbahn ist gemäß den EN-Seilbahnnormen das integrierte Räumungskonzept nicht als alleiniger Ersatz für eine konventionelle Bergung anwendbar. Für eine Einseilumlaufbahn ist deshalb ein weiteres „Back-up“-Konzept erforderlich (z. B. Bergung entlang des Seils durch lokale Rettungskräfte, Durchführung jährlicher Rettungsübung).

Wind

Laut der Norm EN 12930:2015 „Sicherheitsanforderungen an Seilbahnen für den Personenverkehr – Berechnungen“ ist ein Staudruck von 250 N/m^2 für alle Bahnen im Betrieb anzunehmen. Dies entspricht in etwa einer Windgeschwindigkeit von bis zu 72 km/h.

Entsprechend dem Seillagesicherheitsnachweis ist der maximale Betriebswind festzulegen. Je nach Ausführung (Seilfelder, Pendelfreiheit etc.) und Wahl des Seilbahnsystems kann der Betrieb bei geringeren oder höheren Windgeschwindigkeiten stattfinden. Hierbei ist die Windlast, welche senkrecht zur Seillinie wirkt, maßgebend. Die topografischen Gegebenheiten und die umliegenden Gebäude beeinflussen die Windgeschwindigkeit ebenfalls erheblich. Aus rein technischer Sicht ist der Betrieb bei weit- aus höheren Windgeschwindigkeiten möglich.

Windmessgeräte müssen auf windexponierten Stützen und Stationen platziert werden. Vorzugsweise sollten die Windmessgeräte auch die Windrichtung angeben. Das Ablesen der Windgeschwindigkeit erfolgt in der zentralen Leitstelle. Normalerweise wird von der Überwachungseinrichtung bei ca. 80 % der technisch maximal zulässigen Windgeschwindigkeit ein Warnsignal ausgesendet. Das Signal dient dazu, die Anlagenbedienerin / den Anlagenbediener darauf hinzuweisen, den Wind genauer zu überwachen. Ein sichtbares und akustisches Windalarmsignal muss vom Kontrollsystem abgegeben werden, sobald die maximal zulässige Windgeschwindigkeit für den Betrieb erreicht bzw. überschritten wird. In der Folge verlangsamt die Bahn die Systemgeschwindigkeit automatisch. Die Verantwortung trägt, wie bei anderen Verkehrsmitteln im ÖPNV, die Betriebsleitung.

Eis und Schnee

Je nach klimatischen Bedingungen kann die Eisansammlung auf Seilen ein entscheidender Faktor für die Seilbahndimensionierung sein. Lokale Vereisungen können beim Überqueren von Flüssen, Seen etc. auftreten. Es empfiehlt sich, während der Planungsphase die möglichen

Eis- und Schneelasten anhand eines meteorologischen Gutachtens zu ermitteln.

Generell sind Eis und Schnee während des Betriebs kein Sicherheitsrisiko, da durch die ständige Bewegung des Seils eine Ansammlung vermieden wird. Oftmals wird auch das Leerseil vor Betriebsbeginn am Morgen bewegt, um die Anlage von Eis und Schnee zu befreien.

Blitzschlag

Die Gefahr eines Blitzeinschlags in das Zug- oder Tragseil einer Seilbahnanlage ist grundsätzlich gegeben. Daher wird die Anlage beim Auftreten von Gewittern mit Blitzschlag während des Betriebes leergefahren und abgeschaltet, um die elektrischen Einrichtungen in den Stationen zu schützen und einen technischen Ausfall zu verhindern.

Bei einem Blitzschlag während des laufenden Betriebes besteht keine Gefahr für Passagiere in den Kabinen, da die Kabinen als faradaysche Käfige wirken.

Um baulich das Risiko eines Blitzeinschlags in die Zug- oder Tragseile zu reduzieren, wird oft ein Seil mittig oder direkt über den Zug- und Tragseilen gespannt, welches ein höheres Potenzial für den Blitzeinschlag bietet und somit die Seile schützen soll.

Schlägt ein Blitz in ein Zug- oder Tragseil ein, kann es vorkommen, dass einzelne Seildrähte lokal verbrennen. Ein Blitzschlag kann die Seile, welche je nach Art und Zweck einen Durchmesser von 30 bis 60 Millimetern haben, nicht durchschweißen, sondern nur das Gefüge von Seildrähten verändern bzw. zerstören und dadurch die Festigkeit der Drähte verringern.

Folglich kann die Dauerfestigkeit des Seils verloren gehen. Dies unterliegt einer gewissen Vorlaufzeit und ist bei entsprechender visueller Kontrolle des Seils absehbar. Darum sind bei Verdacht eines Blitzschlags die Zug- und Tragseile sofort visuell zu prüfen.

Am Betriebsende jedes Tages wird das Zugseil von Technikern über Erdungsstäbe in den Stationen manuell geerdet, weil Blitze nicht über Stützen abgeleitet werden (Erdungswiderstand zu hoch), sondern die Ströme entlang des Zugseils in die Stationen fließen und dadurch elektrische Seilbahneinrichtungen durch Stromüberschlag beschädigen können.

6.1.6 Erweiterungsoptionen

Bei kuppelbaren Seilbahnen erfolgt die Verlängerung einer Seilbahnlinie ohne notwendigen Umsteigevorgang in der Regel durch Hinzufügen einer neuen Sektion (zusätzliche Seilschleife mit Antriebs- und Umkehrinheit). Hierzu wird die existierende Endstation zu einer Zwischenstation umfunktioniert bzw. umgebaut.

Etwaige Verlängerungsoptionen sollten schon zu Beginn der Seilbahnplanung und -dimensionierung berücksichtigt werden, um die Betriebsunterbrechung der Seilbahn während der Adaptierungsmaßnahmen auf ein Minimum zu reduzieren. Hierbei ist es ratsam, dass adäquate Depotflächen (am besten an einem Ort) für die Kabinengaragierung bei der Erweiterung vorgesehen werden. Ebenso ist es unerlässlich, eventuelle Fahrgastkapazitätserweiterungen (durch zusätzliche Kabinen oder höhere Geschwindigkeiten) schon von Beginn an bei den statischen Seillinienberechnungen und der Dimensionierung der Stationsgebäude mit einfließen zu lassen.

6.2 Betrieb

Seilbahnen mit ihren verschiedenen Technologien können anspruchsvollen Anforderungen in jeglichen Umgebungen und unter herausfordernden Bedingungen gerecht werden.

Die einfach gestaltete Technik mit hohem Automatisierungsgrad erleichtert den Start in die Betriebsphase sowie die Umsetzung langfristiger Betriebs- und Wartungskonzepte. Eine umfassende Schulung und regelmäßiges Training des Betriebspersonals sowie das sichere Bewerten von Sicherheitsabschaltungen ist wie bei allen anderen ÖPNV-Systemen auch bei urbanen Seilbahnen von zentraler Bedeutung.

6.2.1 Betriebskonzept

Die vollständige Integration der Seilbahn mit den traditionellen Verkehrssystemen beginnt während der Planungsphase, aber es ist das Betriebskonzept, welches das sichere Zusammenspiel während des gesamten Lebenszyklus garantiert.

In diesem Zusammenhang wird dem zukünftigen Betreiber empfohlen, neben der Einhaltung geltender Normen und Regularien ein Betriebskonzept aufzustellen, das die Seilbahn in das bestehende Verkehrsnetz integriert. Das Betriebskonzept sollte folgende Bausteine beinhalten:

- Vorkehrungen und Prozesse (Standard Operating Procedure [SOP]) zur Garantie höchster Verfügbarkeit
- Robuste Wartungspläne zur Gewährleistung der Zuverlässigkeit der technischen Komponenten und der notwendigen Werkzeuge

- Regelmäßige Schulungen und Prüfungen, um das Wissen des Personals auf ausreichendem und hohem Niveau zu halten
- Ausreichende Vorkehrungen für die sichere Beförderung von Passagieren und das Arbeitsumfeld des Personals
- Ein finanziell transparentes Organisationsmodell

6.2.2 Organisation und Managementsystem

Seilbahnen sind zwar ein bewährtes Verkehrssystem, jedoch neu im urbanen Umfeld als Lösungen für verkehrstechnische Herausforderungen. Diesbezüglich müssen auch die Betreibermodelle auf diese Innovation angepasst werden, damit Seilbahnen von der Verkehrswirtschaft, den Kommunen und den Gemeinden umfassend berücksichtigt und akzeptiert werden. Grundsätzlich kann der Betrieb urbaner Seilbahnen sowohl von der öffentlichen Hand (in Form eines kommunalen Verkehrsunternehmens) als auch von einem privaten Seilbahnbetreiber übernommen werden. Weitere Informationen zu möglichen Seilbahnbetreibern finden sich in Kapitel 4.4.

Ziel des Betriebsmodells ist das Aufzeigen, dass die Betriebssicherheit systematisch sichergestellt wird und die Verfügbarkeitskriterien erfüllt sind (analog zu anderen öffentlichen Verkehrsmitteln). Die Seilbahntechnik selbst hat sich kontinuierlich weiterentwickelt und ist dadurch technisch ausgereift. Im Hinblick auf Eigenschaften von Seilbahnen wurden Betriebsmodelle für die am weitesten verbreiteten Anwendungen entwickelt.

Anwendbare Richtlinien legen die Mindestanforderungen an das Betriebsmodell und die Betriebsorganisation fest (vgl. Verzeichnis DIN-EN-Normen – betreffend Sicherheitsanforderungen an Seilbahnen für die Personenbeförderung).

Die Erwartungen und Anforderungen, Betreiber einer Seilbahn im urbanen Kontext zu werden, in dem das System als öffentliches Verkehrsmittel betrachtet und bewertet wird, müssen jedoch über die genannten Anforderungen hinausgehen. Das Betriebsmodell muss sich weiterentwickeln und sich von vereinfachten Modellen der bisherigen Standard-Nahverkehrssysteme inspirieren lassen.

Einfachere und moderne Betriebsmodelle, die dem spezifischen Umfeld und dem technologischen Ansatz von Seilbahnen entsprechen, tragen dazu bei und halten die Ausgaben über den Lebenszyklus niedrig.

Die Akzeptanz der urbanen Seilbahnen hängt von der Fähigkeit ab, die Gesamtkosten über den Lebenszyklus zu senken. Eine Seilbahn muss von der Planung über die Betriebsphase bis zur Stilllegung gegenüber alternativen Lösungen, die ähnliche Kapazitäten und Betriebsbedingungen bieten können, konkurrenzfähig sein.

Managementsysteme und Werkzeuge

Der organisatorische Rahmen sollte die täglichen Betriebs- und Wartungsaktivitäten unterstützen und Werkzeuge zur Verwaltung und Kontrolle der Organisationsleistung berücksichtigen. Gut definierte Rahmenbedingungen, wie sie in Nahverkehrssystemen implementiert sind, sollten im urbanen Betrieb vorhanden sein. Der Umfang und die Komplexität sollten im Rahmen der Seilbahn angepasst werden.

Für die Weiterentwicklung der Managementsysteme können die Betreiber von Seilbahnen Asset-Management-Systeme oder Building Information Modeling (BIM) verwenden und diese in langfristige Qualitätskontrollpläne integrieren. Alle diese Tools unterstützen das gewünschte Maß an organisatorischer Robustheit, Risikomanagementprozessen und Systemzuverlässigkeit, welches man von klassischen Transportsystemen erwartet.

Ein Asset-Management-System unterstützt die Planung und Verfügbarkeit der Technologie. Es ermöglicht die Datenanalyse, um die Seilbahn sicher, zuverlässig und kostengünstig zu betreiben und zu warten. Die verfügbaren Daten und Informationen sollten Betriebs-, Wartungs-, Schulungs- und Sicherheitsinformationen umfassen, um Verbesserungsbereiche zu identifizieren und die erforderliche Berichterstattung zu unterstützen.

„Building Information Modeling (BIM)“-Systeme können dabei eine wichtige Rolle spielen, da die Schnittstellen zwischen den seilbahnspezifischen Bereichen und den daran angegliederten Räumen/Gebäuden in der Konzeptionsphase festgelegt und später betrieben und gewartet werden müssen. BIM trägt dazu bei, die Informationsübermittlung zwischen den relevanten Akteuren (z. B. Gebäude-/Seilbahnbetreiber) zu gewährleisten.

Ein Qualitätskontrollplan umfasst Prozesse zur Aufrechterhaltung verifizierter Aktivitäten und Auditprogramme zur Unterstützung der kontinuierlichen Verbesserung. Der Plan trägt dazu bei, das Ziel notwendiger Anforderungen, die von dem Beauftragten festgelegt werden, der den Betreiber beaufsichtigt, zu überwachen.

6.2.3 Organisatorischer Aufbau und Betriebsplan

Organisatorischer Aufbau

Folgende Bestandteile haben Einfluss auf den Aufbau der Organisation und somit auf die notwendigen Ressourcen / den Personalbedarf:

- Technische Konfiguration und Lage der Seilbahn
- Betriebsplan
- Betriebsumgebung
- Erreichbarkeit der Stationen für das Personal

Kommunen und Städte sollten in der Planungs-/Designphase verlangen, dass Designkonzepte von Betriebskonzepten begleitet werden und umgekehrt. Dies kann entweder intern oder mit externer Hilfe von Betriebsexperten geschehen. Mit diesem Ansatz können Entscheidungsträger überprüfen, ob die Integration von Seilbahnen in bestehende Transportorganisationen möglich ist oder ob der zukünftige Betreiber die Möglichkeit hat, eine langfristig optimierte Organisation zu entwickeln und vorzuschlagen.

Von allen oben genannten Faktoren haben die Konfiguration der Seilbahn (Anzahl der Stationen) und der Betriebsplan (Betriebs- und Wartungszeiten) den größten Einfluss auf die Größe und Gestaltung der Organisation. Die folgenden Abschnitte enthalten weitere Informationen zu den spezifischen Rollen, die der Organisation und der Schichtzusammensetzung entsprechen.

Betriebsplan

Eine typische Organisation für eine Seilbahn besteht aus Management (Betriebsleitung), Technikerinnen und Techniker, Bedienpersonal und Stationsbediensteten.

Das Management führt und leitet die verschiedenen Aufgaben, die notwendig sind, um einen zuverlässigen und sicheren Service und Betrieb zu bieten. Ähnlich wie bei anderen Organisationen, die Dienstleistungen anbieten, sind die Hauptaktivitäten Betrieb, Wartung, Schulung, Sicherheit und finanzielle Transparenz.

Die Verteilung der Verantwortlichkeiten auf die Mitglieder der Geschäftsleitung ist von Fall zu Fall unterschiedlich und richtet sich nach Faktoren wie der Größe des gesamten Teams, dem Betriebsumfeld oder der Komplexität der zu betreuenden Seilbahn.

Personalaufwand und notwendige Positionen

Der Betreiber ist alleine verantwortlich für den Betrieb und die Instandhaltung und damit die Sicherheit der Seilbahn. Daher bestimmt der Betreiber die für die Erbringung von Betriebs- und Wartungsdiensten erforderlichen Positionen sowie die Anzahl der Mitarbeitenden. Im Allgemeinen hat jede Organisation die folgenden Positionen:

- Der **Betriebsleiter** oder die **Betriebsleiterin** ist für die Gesamtorganisation verantwortlich und somit für die Einhaltung geltender Vorschriften und Normen.
- Die **stellvertretenden Betriebsleiterinnen** und **-leiter** übernehmen die Aufgaben der Betriebsleiterin / des Betriebsleiters bei deren/dessen Abwesenheit.

- Das **Wartungspersonal** führt Wartungsarbeiten an den Systemkomponenten durch. Es führt auch Fehlerbehebungsmaßnahmen im Falle eines ungeplanten Stillstands durch.
- Das **Bedienpersonal** überwacht den Seilbahnbetrieb visuell und überprüft Parameter regelmäßig über das Human Machine Interface (HMI). Es unterstützt das Wartungspersonal bei der Fehlersuche und das Stationspersonal bei der Überwachung des Bahnsteigs während der Stoßzeiten.
- Das **Stationspersonal** bewacht den Bahnsteig und sorgt für ein sicheres Ein- und Aussteigen in die Kabinen.
- Zusätzlich zu berücksichtigen ist das Personal für die Dienstleistungen über den technischen Betrieb der Seilbahn hinaus, z.B. Eingangskontrolle, Sicherheit, Reinigung und Weiteres.

Schichtplanung

Die jeweiligen lokalen Vorschriften (Landesseilbahnrecht) bestimmen die Mindestpersonalstärke während der Zeiten, in denen die Seilbahn öffentlich Personen transportiert. Wenn es eine Schicht gibt, deren einziger Zweck die Durchführung von Wartungsarbeiten ist, bestimmt der Betreiber die Arbeitskräfte, die zur Erfüllung der im Wartungsplan festgelegten Anforderungen erforderlich sind.

Gemäß dem jeweiligen Landesseilbahnrecht besteht eine Schicht mindestens aus einer Betriebsleiterin oder einem stellvertretenden Betriebsleiter, einer Technikerin und einem Bediener pro Kontrollraum.

Zusätzlich kann sich aus der Sicherheitsanalyse (vgl. Exkurs Sicherheitsanalyse, Kapitel 6.1.5) die Forderung ergeben, dass die Ein- und Ausstiegsseite des Bahnsteigs durch Personal eingesehen und überwacht werden muss. Der Standard spezifiziert nicht die Rolle, die für die Besetzung der Bahnsteige verantwortlich ist, aber es ist Branchenpraxis, Stationsbedienstete zuzuweisen.

Prozesse und Richtlinien

Das bestehende Seilbahnrecht garantiert eine effektive und sichere Führung des Seilbahnbetriebs. Regelmäßig überprüfte Prozesse und Richtlinien ermöglichen es der Organisation, alle auftretenden Ereignisse, betrieblichen Umstände oder Vorfälle sicher und effektiv zu bewältigen.

In Anlehnung an bewährte Verfahren der Transportbranche bei anderen Transportmitteln decken die Verfahren die folgenden Szenarien und Umstände ab:

- **Normalbetrieb**, wenn sich die Seilbahn im Automatikbetrieb ohne aktiven Alarm bewegt. Die Haupttätigkeiten des Betriebspersonals bestehen darin, das Fahrgastverhalten zu überwachen sowie die Kommunikation mit den Fahrgästen und anderen Mitarbeitenden aufrechtzuerhalten
- **Eingeschränkter Betrieb**, wenn die Seilbahn in Betrieb ist, aber aufgrund eines Fehlers, Ausfalls des Systems oder aufgrund externer Faktoren, die auf eine Verschlechterung der Sicherheit oder Betriebsleistung hindeuten (z. B. Wetterbedingungen wie Wind), Einschränkungen bestehen
- **Notbetrieb**, wenn Passagiere evakuiert werden müssen, um eine Katastrophe nach einem

Fehler, Ausfall des Systems oder aufgrund externer Faktoren zu verhindern, die die Sicherheit von Passagieren oder Personal (z. B. Feuer) gefährden. Rettungseinheiten wie Polizei, Feuerwehr und Krankenwagen müssen bei diesen Ereignissen koordiniert werden (weitere Informationen zu Übungen in den folgenden Abschnitten)

Der Verantwortliche für den Betrieb ist für die Leitung und Durchführung der Verfahren sowie für die Koordination der Rettungsdienste zuständig.

Es ist die Pflicht des Betreibers, Aufzeichnungen über die Betriebsleistung der Seilbahn zu führen. Als Minimum enthält ein Betriebstagebuch, dessen Mindestinhalt in DIN EN 12397 „Sicherheitsanforderungen an Seilbahnen für den Personenverkehr – Betrieb“ definiert ist, Informationen über die relevanten Betriebsfaktoren im Tagesverlauf.

In der langjährigen Praxis hat sich bewährt, ein Protokoll über jegliche Unterbrechungen (verfügbarkeitsrelevant und nicht verfügbarkeitsrelevant) zu führen. Die Berichte enthalten Informationen über die Ursache, den vom Personal befolgten Prozess zur Wiederherstellung des Systems und Informationen über die Evakuierung von Passagieren oder die Deaktivierung von Sicherheitsvorrichtungen.

Systemleistung

Mit einer Organisation wie in den Abschnitten oben beschrieben und mit entsprechend entwickelten und implementierten Verfahren kann eine Seilbahn bis zu 17 bzw. 18 Stunden pro Tag betrieben werden. Dies ist vergleichbar mit konventionellen Transportmitteln.

Die Seilbahn kann für zusätzliche Stunden an gewissen Tagen geöffnet werden, sofern die erforderlichen personellen und materiellen Ressourcen vorhanden sind, um die vom Hersteller festgelegten Wartungsanforderungen zu erfüllen. Daher wird die Entscheidung über den Betriebsplan nicht durch die Technologie begrenzt, sondern durch das Zusammenspiel von Bedarf und erforderlichen Ressourcen (Personal und Material).

6.2.4 Wartung und Instandhaltung

Wartungsplan

Die Wartung wird durch DIN EN 1709 „Sicherheitsanforderungen an Seilbahnen für die Personenbeförderung – Erprobung und Anleitungen für die Instandhaltung und die Betriebskontrollen“ geregelt.

Der Wartungsplan enthält Pläne und Anweisungen für Anlagenüberholungen, regelmäßige Inspektionen und Tests. Das präventive Instandhaltungsprogramm als Teil des Wartungsplans beinhaltet eine umfassende Vorausplanung, um Ausfälle zu minimieren und die Systemverfügbarkeit zu maximieren, und sorgt dafür, dass immer ein angemessener Bestand an Ersatzteilen und Verbrauchsmaterialien auf Lager ist.

Der Ersatz von Komponenten, deren Nutzungsdauer vorauszusagen ist, wird in das präventive Instandhaltungsprogramm einbezogen. Ziel des präventiven Instandhaltungsprogramms ist es, die Instandhaltungsaktivitäten während der Randzeiten des Seilbahnbetriebs zu planen und somit Störungen während der Spitzenzeiten zu verhindern.

Zweck und Inhalt

Der Wartungsplan verteilt Wartungsaufgaben über das Kalenderjahr. Die Hauptfaktoren, die der Betreiber berücksichtigen sollte, sind der Betriebsplan, d. h. die Stunden, in denen das System für die Wartung verfügbar ist, sowie der Dienstplan des geschulten Personals, das diese sicherheitsrelevanten Aufgaben ausführt.

Gängige Praxis ist es, die Aufgaben auf Zeiten geringerer Nachfrage zu verteilen, sofern die Nachfrage über das Jahr hinweg ungleichmäßig oder saisonal ist. Außerdem hat sich wie auch bei anderen Nahverkehrssystemen etabliert, pro Jahr eine gewisse Anzahl von Wartungstagen zu definieren, um die größeren und sicherheitsrelevanten Wartungsmaßnahmen vorzunehmen.

Der Wartungsplan umfasst Inspektionen zur Überprüfung des Zustands, Funktionstests, Reinigungen und eventuell den geplanten Austausch vor dem voraussichtlichen Ausfall (insbesondere aufgrund von Verschleiß). Die Wartungsaufgaben, die in Summe den Wartungsplan bilden, können basierend auf Zeitintervallen (z. B. täglich, monatlich etc.) oder Messwerten (z. B. Klemmzyklen oder Betriebsstunden) ausgelöst werden. Daher variiert die Häufigkeit bestimmter Wartungsaufgaben je nach Betriebsplan und Betriebsstunden für eine bestimmte Seilbahn, während die Häufigkeit einiger anderer Aufgaben je nach Seilbahnkonfiguration variiert.

Eine sehr begrenzte Anzahl von Aufgaben muss an autorisierte Dritte ausgelagert werden, wobei die relevanteste die zerstörungsfreie Prüfung (NDT – Nondestructive Testing) von Komponenten ist. Einzelne Prüfungen, wie zerstörungsfreie Prüfungen der Klemme, darf das Betriebspersonal ohne Unterstützung von autorisierten Dritten

durchführen. Es muss jedoch sichergestellt sein, dass die jeweiligen Mitarbeitenden die entsprechende Qualifizierung und notwendige Zertifizierung durch eine autorisierte Vertreterin / einen autorisierten Vertreter erhalten haben. Die zerstörungsfreie Prüfung des Seils muss jedoch von einem autorisierten Dritten durchgeführt werden, der die Anzahl der Drahtbrüche pro Meter bestimmt und die notwendige Dokumentation erstellt. Derzeit verlangt die Norm, dass der Prüfer oder die Prüferin die Prüfung vor Ort durchführt. Eine Fernprüfung ist auch mit vorinstallierten Geräten nicht möglich, da die Norm eine Sichtprüfung des Spleißes fordert.

Eine Optimierung der Wartungszeit ist möglich, wenn zusätzliche Komponenten vorhanden sind und präventive sowie korrektive Wartungen während der Betriebszeit in der Wartungsgarage (Werkstatt) durchgeführt werden. Ein Beispiel hierzu sind die Kabinen und die zugehörige Klemmenrevision.

Die folgende Gegenüberstellung zeigt den Einfluss der Betriebsstunden auf die verschiedenen Komponenten und deren Wartungsintervalle im Vergleich von einer klassischen alpinen Bahn mit einer Seilbahn im städtischen Umfeld mit vergleichbaren ÖPNV-Öffnungszeiten.

Tabelle 5: Vergleich betrieblicher Parameter im alpinen und urbanen Raum

Beispielhafte Parameter/Systeme	Alpines System	Urbanes System I	Urbanes System II
Systemlänge [m]	1.000,00	1.000,00	1.000,00
Anzahl Stationen	2,00	2,00	2,00
Kapazität [pphpd]	2.500,00	2.500,00	1.250,00
Geschwindigkeit Durchschnitt [m/s]	6,00	6,00	3,00
Betriebsstunden pro Tag [h]	10,00	18,00	18,00
Betriebstage pro Jahr [d]	150,00	360,00	360,00
Betriebsstunden pro Jahr [h]	1.500,00	6.480,00	6.480,00
Betriebsstunden über 10 Jahre [h]	15.000,00	64.800,00	64.800,00
Seilkilometer pro Jahr [km]	32.400,00	139.968,00	69.984,00
Klemmzyklen pro Jahr [Zyklen]	60.000,00	259.200,00	129.600,00

Prozesse und Richtlinien

Der Betreiber ist dafür verantwortlich, Richtlinien für die korrekte und sichere Ausführung der Wartungsaufgaben einzuhalten und zu kontrollieren. Mit den DIN-EN-Normen sind Sicherheitsanforderungen an Seilbahnen für die Personenbeförderung anhand technischer Normen veröffentlicht, die unter anderem Grundregeln für die Durchführung von Prüfungen und Inspektionen beschreiben (vgl. Verzeichnis DIN-EN-Normen – betreffend Sicherheitsanforderungen an Seilbahnen für die Personenbeförderung). Diese Grundregeln betreffen ebenso die Betriebsdurchführung.

6.2.5 Schulungen und Überprüfungen

Das Betriebs- und Wartungspersonal besteht meistens aus Personen mit multidisziplinären Fähigkeiten. Technisch ergibt sich dies aus der Zusammensetzung der jeweiligen Seilbahnsysteme mit mechanischen, hydraulischen, elektrischen und automatisierten Subsystemen. Die Managementebene des Betreibers steuert die gesamte Betriebsorganisation, koordiniert die notwendigen Aktivitäten und garantiert die Erfüllung und Einhaltung der Gesetze und Richtlinien.

Schulungsanforderungen und zusätzliche Erwartungen

Die Richtlinien erfordern eine ausreichende Schulungsbereitstellung durch den Betreiber, damit das Seilbahnpersonal die ihm zugewiesene Rolle und Kompetenz erfüllt. Der Betreiber muss zusätzlich überwachen, ob die Schulung inhaltlich und strukturell ausreichend ist.

Die Anforderungen an die Betriebsleiterin / den Betriebsleiter und ihre/seine Stellvertreter-

rinnen und Stellvertreter sind in den jeweiligen Seilbahngesetzen der Länder festgelegt und werden gegebenenfalls in Durchführungsverordnungen präzisiert. Länderspezifische Normen und Vorschriften können bestimmte zertifizierbare Ausbildungen, bestimmte nachweisbare Kenntnisse in einem technischen Bereich und eine bestimmte Erfahrung im Betrieb oder in der Wartung von Seilbahnsystemen definieren, um Betriebsleiterin/Betriebsleiter und/oder stellvertretende Betriebsleiterin / stellvertretender Betriebsleiter zu werden.

Durch eine Integration in den ÖPNV werden an Seilbahnbetreiber zusätzliche Anforderungen gestellt. In Anlehnung an Vorschriften der bereits vorhandenen ÖPNV-Systeme kann es erforderlich sein, dass Seilbahnbetreiber Schulungspläne definieren, umsetzen und kontrollieren müssen. Inhalt können z. B. Bestimmungen für Neueinstellungen sowie regelmäßige und dokumentierte Schulungen während der gesamten Dauer des Beschäftigungsverhältnisses sein. Es ist auch gängige Praxis, praktische und theoretische Bewertungen regelmäßig und nicht nur während der Einarbeitungsphase durchzuführen. Ziel ist es, einen Verlust des Wissens zu vermeiden, der die Sicherheit von Fahrgästen und Personal oder die Zuverlässigkeit der Seilbahn gefährden könnte.

Qualifizierungen und Schulungsplan

Derzeit gibt es für die meisten Positionen (vgl. Kapitel 6.2.3) und für die meisten Länder keine regulatorischen Anforderungen an Vorerfahrung oder Ausbildung. In diesem Zusammenhang und um für eine Anstellung infrage zu kommen, ist es ausreichend, dass das jeweilige Personal die Kriterien erfüllt, die der Betreiber für eine bestimmte Position in der Stellenbeschreibung definiert hat.

Für den Einsatz von Betriebsleiterinnen und -leitern und deren Stellvertreterinnen und Stellvertretern ist ein rechtssicherer Bescheid über deren Bestellung durch die technische Aufsichtsbehörde (TAB) der Länder erforderlich. Grundlagen und Voraussetzungen für die Bestellung durch die jeweilige technische Aufsichtsbehörde sind folgende:

- Erforderliche Zuverlässigkeit und Fachkunde
- Mindestalter von 21 Jahren sowie geistige und körperliche Eignung für die Tätigkeit
- Die Befähigung muss durch einen erfolgreichen Abschluss der Betriebsleiterprüfung nachgewiesen werden
- Die Personen müssen über die anlagen-spezifischen und erforderlichen betrieblichen und technischen Kenntnisse verfügen
- Mindestanforderungen an die Berufsausbildung (beruflicher oder akademischer Abschluss) sind zu erfüllen

Die technische Aufsichtsbehörde kann bei Nachweis bestimmter Tätigkeiten und Fachkunde auch Ausnahmen von Mindestanforderungen bewilligen.

Der Schulungsplan sollte einen strukturierten Ablauf und ein angemessenes Maß an Schulungspersonal beinhalten, um die Ziele in Bezug auf Wissen und Kompetenz zu erreichen.

Bei der Einstellung von Personal stellt ein Schulungsplan sicher, dass dem Mitarbeitenden Prozesse, Richtlinien und technisches Wissen vermittelt werden. Während der gesamten

Beschäftigung hält ein Schulungsplan das Kompetenzniveau aufrecht und garantiert, dass überprüfte Prozesse und Richtlinien den Mitarbeitenden unverzüglich mitgeteilt werden und zwingend auch die Dokumentation davon sichergestellt ist.

Zusätzlich zum Schulungsplan sollte der Betreiber über Prozesse zur Ausführung von Schulungssitzungen verfügen, sollten neue Richtlinien oder Anweisungen implementiert werden müssen.

Der am weitesten verbreitete Ansatz für einen Schulungsplan besteht darin, die Schulungsanforderungen für jede einzelne Rolle in der Organisation zu identifizieren und diese Anforderungen für jede einzelne Rolle zuzuweisen. Um das Training zertifizierbar zu machen, müssen die Trainerin/der Trainer und die/der Auszubildende bestätigen, dass das Training stattgefunden hat und dass beide Parteien mit der Art und Weise der Präsentation des Themas zufrieden sind.

Zusätzlich sollte der Schulungsplan theoretische oder praktische Bewertungen enthalten.

Inhalte der Schulung

Kernaufgabe der Schulungen ist die Vermittlung von Inhalten zur sicheren Beförderung von Fahrgästen, sicheren Arbeitspraktiken von Mitarbeitenden und die zuverlässige Bereitstellung der Dienstleistung. Durch die Schulungen kann auch lokales Personal ohne Seilbahnhintergrund qualifiziert und im Seilbahnbetrieb eingesetzt werden.

Der Schulungsplan sollte Beschreibungen der Seilbahnsysteme enthalten, die es neuen Mitarbeitenden ermöglichen, in die Besonderheiten dieser Technologie eingeführt zu werden.

Sicherheitsverfahren, Risikobewertungen und Gefahrenkontrollen (vgl. Kapitel 6.2.6) sollten integraler Bestandteil des Schulungsprogramms sein. Es wird jedoch dringend empfohlen, Sicherheitsinformationen in spezifischen Schuleinheiten zu vermitteln.

Betriebsvorkehrungen einschließlich Betriebsverfahren in allen Betriebsphasen sind mit aufzunehmen.

Technische Schulungen umfassen die notwendigen Informationen zur Wartung des Systems, einschließlich seilbahnspezifischer Werkzeuge und Prozesse. In dieser Hinsicht muss der Betreiber die Lücke im technischen Wissen zu Seilbahnsystemen schließen.

Prozesse und Dokumentation

Der Betreiber sollte Prozesse zur Kontrolle der Schulungsmethoden einführen, einschließlich Materialien zur Schulung und Bewertung des Personals sowie für das Personal. Die Betriebsleiterin oder der Betriebsleiter bleibt für das Kompetenzniveau des Personals verantwortlich, dies beinhaltet einen dokumentierten Prozess zur Durchführung und zum Erfolg der Schulungen.

Gemäß den geltenden Richtlinien kann die Dokumentation, die als Nachweis für das Absolvieren des Trainingsplans dient, in Papierform oder digital erfolgen.

6.2.6 Sicherheit und Dokumentation

Alle Systeme müssen so gebaut, betrieben und instand gehalten werden, dass jederzeit die Betriebssicherheit gegeben ist. Dazu gehören auch Aspekte der Abnahme vor Inbetriebnahme

und der regelmäßigen Prüfung gemäß den jeweiligen landesrechtlichen Vorgaben.

Alle Prüfungen und Inspektionen, welche sich auf DIN EN 1709 „Sicherheitsanforderungen an Seilbahnen für die Personenbeförderung – Erprobung und Anleitungen für die Instandhaltung und die Betriebskontrollen“ beziehen, sind in Verantwortung der bestellten Betriebsleiterin/ des bestellten Betriebsleiters durchzuführen. Dieser kann sich zur Durchführung dieser Prüfungen und Inspektionen sowohl Mitarbeitender und Stellvertreter als auch externer Fachfirmen bedienen.

Die Betriebsleiterin oder der Betriebsleiter trägt beim Einsatz von Mitarbeitenden – sowie beim Einsatz von Fachfirmen – die Verantwortung für die inhaltliche sowie für den übertragenen Umfang der Prüfung.

Mindestanforderung ist eine regelmäßige Aufsichtsprüfung. Diese Prüfung dient der Feststellung der Betriebssicherheit bzw. der Feststellung von Mängeln bezogen auf den Zeitpunkt der Prüfung und im Hinblick auf die weiteren Prüffristen. Des Weiteren sind in der Prüfung die Weiterentwicklungen der anerkannten Regeln der Technik und die vorliegenden Betriebserfahrungen zu berücksichtigen.

Die Anforderungen der Norm DIN EN 12397 „Sicherheitsanforderungen an Seilbahnen für den Personenverkehr – Betrieb“ konzentrieren sich auf die Vermeidung und Reduzierung von Risiken. Die Norm beschreibt beispielhaft eine große Ansammlung von Situationen. Heutzutage werden die meisten Anforderungen an Sicherheitspläne und Vorkehrungen hauptsächlich durch die derzeit geltenden Richtlinien bestimmt. Hinzu

kommen lokale Anforderungen, beispielsweise von den Stadtwerken oder den Verkehrsbetrieben.

Zweck und Geltungsbereich

Das Kernziel eines Sicherheitsplans besteht darin, sichere Betriebs- und Wartungsaufgaben zu gewährleisten. Diese Sicherheitsvorkehrungen gelten für

- die Fahrgäste,
- die Mitarbeitenden, die die Seilbahn betreiben und warten, und
- alle Dienstleistenden, die Services vor Ort ausführen.

Risikobewertung

Die Risikobewertung ist der Prozess zur Identifizierung von Gefahren und zur Bestimmung von Minderungsmaßnahmen. Der Prozess umfasst Kontrollmechanismen, die zuerst darauf abzielen, die Gefahr zu beseitigen. Wenn eine klare Beseitigung nicht möglich ist, sollte der Betreiber versuchen, technische Kontrollen einzusetzen, zu isolieren oder anzuwenden.

Folgende Bestandteile sind Teil eines gesamtheitlichen Plans:

- Gefahrenerkennung
- Gefahrenminderung
- Gefahrenüberwachung
- Gefahrenkontrolle

Eine Gefährdungsanalyse wird in der Regel vom Hersteller durchgeführt, um diese durch

konstruktive Maßnahmen zu reduzieren oder auszuschließen. Verbleibende mögliche Gefahren werden dann auf den Seilbahnbetreiber übertragen, der diese potenziellen Risiken in seinen Sicherheitsplan übernimmt und durch personelle und organisatorische Maßnahmen weiter eingrenzt. Dabei findet das „As Low As Reasonably Practicable (ALARP)“-Prinzip Anwendung.

Notfallszenarien

Ein weiterer Aspekt, der durch die Norm DIN EN 1909 „Sicherheitsanforderungen an Seilbahnen für den Personenverkehr – Räumung und Bergung“ hervorgehoben wird, ist die Erstellung und Nutzung von Protokollen, die in Notfallszenarien ausgeführt werden. Der Betreiber ist verpflichtet, eine Reihe von Verfahren und Protokollen zu entwickeln, die dann Teil des Evakuierungsplans sind. Dieser Plan bildet zusammen mit der Risikobewertung die Eckpfeiler des Sicherheitsplans einer Seilbahn. Moderne Seilbahnen verfügen über redundante Bergungssysteme, um einen sicheren und reibungslosen Transport der Passagiere in die Stationen zu ermöglichen – selbst bei Störungen, wenn ein normaler Betrieb nicht gewährleistet werden kann. Der Evakuierungsplan sollte die bestehenden Methoden zur Evakuierung von Passagieren berücksichtigen und die Koordinierung mit den Rettungsdiensten vor Ort beinhalten.

Der Evakuierungsplan kann auch Notfallpläne für den Verlust von Teilsystemen oder Katastrophenereignisse umfassen. Auf diese Weise soll der Plan gewährleisten, dass auch unter außergewöhnlichen Umständen immer die notwendige Sicherheit gewährleistet ist.

Die Norm DIN EN 1909 „Sicherheitsanforderungen an Seilbahnen für den Personenverkehr –

Räumung und Bergung“ verpflichtet den Betreiber, dass das Personal, welches die Evakuierung leitet und koordiniert, regelmäßig trainiert und überwacht wird. Auch eine jährliche Übung inklusive der Koordination der Einsatzkräfte (Polizei, Feuerwehr und Rettungsdienste) sollte stattfinden, auch wenn dies über die Richtlinien hinausgeht. Lokale Vorschriften können die Durchführung einer jährlichen Übung jedoch verlangen. Die Übung sollte im ausreichenden Maße die Prozesse eines Notfalls demonstrieren.

Sicherheitsmanagementsystem

Ein allgemeines Sicherheitsmanagementsystem definiert einen Rahmen, der Prozesse für die gesamte Betriebsorganisation bereitstellt und für sichere Arbeitsmethoden sorgt.

Im Allgemeinen legt jedes Sicherheitsmanagementsystem übergeordnete Strategien fest, die durch anwendungsspezifische Verfahren erfüllt werden. Das Sicherheitsmanagementsystem muss Pläne enthalten und berücksichtigen, um die Einhaltung der vordefinierten Prozesse zu überwachen und durch regelmäßige Audits und Kontrollverifizierungen für kontinuierliche Verbesserungen zu sorgen.

Derzeit verlangen seilbahnspezifische Normen noch nicht die Implementierung eines Sicherheitsmanagementsystems. Die Integration des Seilbahnsystems in bestehende Systeme oder Netzwerke kann jedoch die Erfüllung bestehender Sicherheitsstrategien (Sicherheitsmanagementplan) erfordern. Der am weitesten verbreitete Standard ist die ISO 45001, die nicht transport-spezifisch, jedoch in der Industrie weitverbreitet ist. Die Anwendung dieser Norm ermöglicht eine sinnvolle Ergänzung der derzeit bestehenden Seilbahnrichtlinien.

Das Sicherheitsmanagementsystem sollte so aufgebaut sein, dass das Sicherheitsverständnis und die Sicherheitskultur innerhalb der Organisation gestärkt und etwaige Vorfälle und/oder Verletzungen minimiert werden. Die Sicherheitskultur wird normalerweise in der Sicherheitsrichtlinie der Betriebsorganisation zusammengefasst.

Dokumentation

Wie bei allen in diesem Abschnitt beschriebenen organisatorischen Aktivitäten muss der Betreiber transparente Aufzeichnungen über die Einhaltung der geltenden Prozesse und Vorschriften führen.

Über die Betriebsorganisation, den täglichen Betrieb und die Wartung sowie über alle Vorkommnisse vor, während oder nach dem öffentlichen Betrieb ist die entsprechende Dokumentation der Betriebsleitung zu erstellen. Eine sogenannte Mitteilungspflicht hinsichtlich der Aufsichtsbehörde besteht unter anderem bei folgenden Vorfällen:

- Unfälle und Schäden, die für die Betriebssicherheit des Systems von Bedeutung sind
- Bergungen und Einsätze bezüglich Evakuierung von Personen
- Betriebsunterbrechungen von längerer Dauer

6.2.7 Total Cost of Ownership

Es gibt sehr viele Faktoren, die die Gesamtbetriebskosten eines Seilbahnsystems beeinflussen. Während einige dieser Faktoren außerhalb der Kontrolle des Betreibers liegen, stehen viele unter dem Einfluss des Betreibers und sollten stetig kontrolliert werden.

Ein effektiver Weg, um einen gesamtheitlichen Ansatz zu Total Cost of Ownership zu erreichen, besteht darin, an der anfänglichen Ausgestaltung des Systems und der Gebäude beteiligt zu sein. Oft kann eine anfängliche Investitionsausgabe oder eine Entscheidung über das Anlagendesign dazu beitragen, die für den Betrieb erforderlichen Ressourcen (z. B. Personal, Werkzeug, Material) langfristig zu minimieren. Diese Entscheidungen können tiefgreifende Auswirkungen auf die Gesamtbetriebskosten des Systems haben.

Die Haupteinflussparameter auf die Gesamtkosten einer Seilbahn sind

- der Standort und die Umgebung des Systems,
- die Zusammensetzung der technischen Komponenten,
- die Anzahl der Stationen,
- die Anzahl der Betriebsstunden,
- die Betriebsgeschwindigkeit und
- die Energiekosten.



Dreiseilumlaufbahn in Koblenz (Deutschland),
noch nicht im ÖPNV integriert

7

Bewertung, Investitionen und Förderung

Mittels der im Juli 2022 in Kraft gesetzten neuen Verfahrensversion der „Standardisierten Bewertung von Verkehrswegeinvestitionen des öffentlichen Personennahverkehrs“ (im Folgenden vereinfachend „Standardisierte Bewertung“ genannt) können erstmals Seilbahnvorhaben adäquat bewertet werden. Dadurch lässt sich die Frage der Förderfähigkeit einer urbanen Seilbahn in der gleichen Form beantworten wie bei anderen ÖPNV-Projekten.

Genau wie bei den anderen ÖPNV-Systemen wird es auch beim ÖPNV-System Seilbahn volkswirtschaftlich vorteilhafte und volkswirtschaftlich nicht vorteilhafte Projekte geben. Dies ist keine Schwäche der Standardisierten Bewertung, sondern deren ureigenster Zweck.

7.1 Verfahren der Standardisierten Bewertung

Bei öffentlich finanzierter Infrastruktur wird die Höhe der zur Verfügung stehenden Mittel als Ergebnis einer politischen Willensentscheidung festgelegt. Diese Entscheidung ist von vielen Rahmenbedingungen abhängig (z. B. allgemeine Haushaltslage, Relevanz zur Erreichung der Klimaziele, Konkurrenz unterschiedlicher Aufgabenbereiche).

Grundsätzlich ist davon auszugehen, dass die zur Verfügung stehenden Mittel nie ausreichen, um alle wünschenswerten Projekte zu finanzieren, da kein Gemeinwesen mit unbegrenzten (finanziellen) Ressourcen ausgestattet ist. Daher müssen im Sinne eines optimalen Mitteleinsatzes alle geplanten Verkehrsprojekte volkswirtschaftlich bewertet werden.

Aus allen möglichen Handlungsalternativen und Varianten sind dabei diejenigen auszuwählen, die unter Einsatz der knappen Mittel den größten Beitrag zum Gemeinwohl leisten. Um die Mittelverwendung nach möglichst objektiven Gesichtspunkten zu gestalten, werden **Wirtschaftlichkeitsuntersuchungen** durchgeführt, um mittels eines Vergleichs der Nutzen und Kosten die vorzugswürdigen Maßnahmen zu identifizieren. Dies ist auch im Haushaltsgrundsätzegesetz (HGrG) und in der Bundeshaushaltsordnung (BHO) vorgegeben.

Die Wirtschaftlichkeitsuntersuchung für durch die öffentliche Hand zu fördernde Verkehrsprojekte wird in Form einer **Nutzen-Kosten-Untersuchung (NKU)** durchgeführt. Dabei werden neben technischen und betriebswirtschaftlichen Kriterien auch die Auswirkungen auf die Allgemeinheit, die Nutzerinnen und Nutzer und die Umwelt einbezogen. Eine NKU zur Feststellung der Förderfähigkeit von Nahverkehrsprojekten, welche für eine anteilige Förderung im Rahmen des Gesetzes über Finanzhilfen des Bundes zur Verbesserung der Verkehrsverhältnisse in den Gemeinden (Gemeindeverkehrsfinanzierungsgesetz [GVFG]) vorgesehen sind, muss nach dem Verfahren der Standardisierten Bewertung erfolgen.

Mit der Standardisierten Bewertung ist es möglich, örtlich, technisch und verkehrlich unterschiedliche Vorhaben nach gleichen Maßstäben zu bewerten. Die Standardisierte Bewertung ist bereits 40 Jahre das bundesweit vorgegebene Verfahren zum Nachweis der Förderwürdigkeit im Rahmen des GVFG. In diesen Jahren wurde das Verfahren mehrfach fortgeschrieben und aktualisiert, zuletzt im Jahr 2022. Im Rahmen dieser Fortschreibung wurden auch urbane

Seilbahnen in das Verfahren aufgenommen. Damit ist es möglich, Seilbahnprojekte mit dem gleichen Verfahren zu bewerten, welches auch für S-Bahn-, Stadtbahn- und ähnliche Maßnahmen Anwendung findet.

Eine Maßnahme ist volkswirtschaftlich sinnvoll, wenn die Summe der Nutzen höher ist als die Kosten. Die Kosten bilden im Verfahren die Abschreibung und die Verzinsung (der Kapitaldienst) der Infrastrukturinvestition. Alle weiteren Kosten (z.B. Personal- und Energiekosten) werden als „negative Nutzen“ interpretiert und auf der Nutzenseite berücksichtigt. Die Förderwürdigkeit eines Seilbahnprojekts im Sinne des GVFG ist gegeben, wenn die volkswirtschaftlichen Nutzen die Kosten überwiegen. In der Standardisierten Bewertung entspricht dies einem Nutzen-Kosten-Indikator mit einem Wert von über 1,0.

7.2 Inhalte einer Seilbahn-Bewertung

Die Bewertung urbaner Seilbahnen mittels des Verfahrens der Standardisierten Bewertung erfolgt grundsätzlich analog zu den bereits bislang im Verfahren enthaltenen Verkehrssystemen. Somit werden auch bei Seilbahnen betriebs- und volkswirtschaftliche Nutzen und Kosten einer Maßnahme ermittelt und gegenübergestellt. Diese lassen sich wie folgt gruppieren:

- **Nutzen für die Fahrgäste** (z. B. verringerte Reisezeiten, verbesserte Erschließung, erhöhtes Angebot)
- **Finanzielle Auswirkungen auf die Aufgabenträger** (Infrastrukturkosten, Betriebskosten, Fahrgelderlöse)

- **Nutzen für die Allgemeinheit** (z. B. Reduktion von Unfällen und Emissionen, Eingrenzung der Flächeninanspruchnahme, Senkung des Primärenergieverbrauchs)

Urbane Seilbahnen erzielen dabei die gleichen positiven Effekte wie andere ÖPNV-Vorhaben (z. B. Verlagerung von MIV-Fahrten auf den ÖPNV und Verminderung von Schadstoffen). Diese Effekte können auf Basis von Verkehrsmodellen (vgl. Kapitel 5.1.1) ermittelt werden. Neben den Nutzen für die Fahrgäste und die Allgemeinheit entstehen Kosten für die Infrastruktur sowie laufende Betriebskosten. Aufgrund des Charakters als Stetigförderer mit fahrerlosen Fahrzeugen gibt es bei der Bewertung von Seilbahnen einige Besonderheiten, die in den folgenden Abschnitten beschrieben werden.

7.2.1 Ermittlung der Investitionen

In die Bewertung fließen alle Investitionen ein, die für den Bau der Seilbahn erforderlich sind. Dabei muss gewährleistet sein, dass die vorgesehene Kapazität erreicht wird und ein sicherer Betrieb nach den jeweils aktuellen Gesetzen und Regelwerken gewährleistet ist. Dazu gehören beispielsweise auch Investitionen für den Erwerb von Grundstücken, Investitionen in die Barrierefreiheit oder in den Lärm- und Brandschutz.

Neben den Investitionen in die Seilbahn sind auch Investitionen für die Anlagen Dritter zu berücksichtigen, falls sie in einem ursächlichen Zusammenhang mit dem Bau der Seilbahn stehen. Dazu gehören beispielsweise Leitungsverlegungen oder die Anpassung von Straßen, Plätzen und Grünflächen. Des Weiteren werden die Aufwendungen für Planung und Genehmigung der Seilbahn in der Standardisierten Bewer-

tung pauschal in Höhe von 10 % der Summe der Investitionen angesetzt.

Die Investitionen in die Infrastruktur werden – wie bei den anderen ÖPNV-Systemen – auf Anlagenteile aufgeteilt. Neben allgemeinen Anlagenteilen (z. B. Grundstücke oder Verkehrsbauwerke) stehen für Seilbahnen spezifische Anlagenteile zur Verfügung: Seilbahnantrieb, Stützen, Tragseile, Zug- und Förderseile. In den Kosten- und Wertansätzen der Standardisierten Bewertung werden für jedes Anlagenteil Lebensdauer und Unterhaltungskostensatz vorgegeben. Daraus werden der Kapitaldienst sowie die Unterhaltungskosten ermittelt, welche in die Bewertung eingehen.

7.2.2 Ermittlung der Betriebskosten

Im Sinne einer interregionalen Vergleichbarkeit unterschiedlicher Verkehrsprojekte erfolgt die Ermittlung der Betriebskosten nach weitgehend standardisierten Berechnungsverfahren sowie vorgegebener Kosten- und Wertansätze für einen einheitlichen Preisstand.

Seilbahnkabinen werden in der Standardisierten Bewertung als Fahrzeuge interpretiert und nicht als Teil der Infrastruktur. Kapitaldienst und Unterhaltungskosten der Kabinen werden daher den Betriebskosten zugerechnet. Der Kapitaldienst ergibt sich aus der Abschreibung und Verzinsung der Seilbahnkabinen; dabei wird von einer Lebensdauer von 25 Jahren ausgegangen. Die Unterhaltung der Kabinen wird in einem zeitabhängigen Kostensatz gebündelt.

Bei den Personalkosten wird von einem Personalbedarf von einer Person je Station ausgegangen. Durch den vorgegebenen Personalkostensatz

wird – wie bei den anderen ÖPNV-Systemen – auch die Personalausstattung für die Betriebsführung (z. B. in der Leitstelle) abgedeckt. Im Falle automatisierter Systeme ohne örtliches Personal sind abweichende Ansätze abzustimmen.

Zur Ermittlung des Energiebedarfs enthält die Verfahrensanleitung der Standardisierten Bewertung eine vereinfachte Berechnungsvorschrift, die auf physikalischen Grundlagen beruht und anhand von Real- bzw. Planungsdaten geeicht wurde. Neben den für die Betriebsplanung ohnehin erfassten Größen (z. B. Linienlänge, Fahrtenfolgezeit, Fahrzeugmasse etc.) werden lediglich zwei zusätzliche Angaben zur Berechnung benötigt (Seilgeschwindigkeit und Metermasse des bewegten Seils).

Bei der Berechnung werden Einseil-, Zweiseil- und Dreiseilumlaufbahnen sowie Pendelbahnen unterschieden. Die Energiekosten sowie die Emissionen ergeben sich aus dem berechneten Energieverbrauch. Dabei kann die Nutzung von Strom aus regenerativen Quellen berücksichtigt werden.

7.3 Finanzierung der Infrastruktur / Förderung nach dem GVFG

Für die Finanzierung der Infrastrukturinvestitionen von ÖPNV-Projekten (z. B. neue Stadtbahn- oder S-Bahn-Strecken) steht vorrangig das Gemeindeverkehrsfinanzierungsgesetz (GVFG) zur Verfügung. Seit der Novellierung des GVFG im Frühjahr 2020 ist der Bau und Ausbau von Seilbahnsystemen in § 2 Abs. 1 Nr. 1 c) GVFG als Fördertatbestand genannt, d. h., urbane Seilbahnen sind in die Reihe der förderfähigen Vorhaben aufgenommen. Bedingung für eine Förderung sind ein Wirtschaftlichkeitsnachweis gemäß dem

Verfahren der Standardisierten Bewertung (vgl. Kapitel 7.1) sowie das Vorliegen der nach dem Beihilferecht der Europäischen Union erforderlichen Voraussetzungen.

Seilbahnvorhaben sind ab einer Mindestvorhabengröße von 30 Mio. Euro mit bis zu 75 % der zuwendungsfähigen Kosten im Rahmen des GVFG-Bundesprogramms förderfähig. Die Förderung des Projekts muss im Einklang mit dem Beihilferecht der Europäischen Union stehen. Hierfür wird eine Erörterung im Einzelfall erforderlich sein. Seilbahnprojekte unterhalb der Schwelle von 30 Mio. Euro können abhängig von den jeweiligen Regelungen gegebenenfalls durch die Bundesländer gefördert werden. Die Bundesländer können zudem eine Ko-Finanzierung bei den im Rahmen des GVFG-Bundesprogramms geförderten Projekten übernehmen. Dadurch kann sich ein Fördersatz von über 90 % ergeben. Es ist zu beachten, dass sich die Förderung auf die zuwendungsfähigen Infrastrukturinvestitionen bezieht und nicht auf die späteren Betriebskosten. Die Betriebskosten setzen sich aus den Kosten für die Kabinen (Investitionen und Unterhaltung), für das Personal und für die Energie zusammen. Die Betriebskosten sind, wie z. B. im Bus- oder Straßenbahnverkehr, durch den jeweiligen Aufgabenträger auszugleichen, falls die Fahrgeldeinnahmen diese nicht decken.

Das Finanzvolumen des GVFG-Bundesprogramms war bis 2019 über viele Jahre auf 333 Mio. Euro pro Jahr gedeckelt. Im Zuge der Beschlüsse zur Erreichung der Klimaziele steigen die Mittel deutlich an. In den Jahren 2021 bis 2024 stehen 1 Mrd. Euro pro Jahr zur Verfügung, ab 2025 steigen die Fördermittel auf 2 Mrd. Euro pro Jahr und werden ab 2026 jährlich dynamisiert.

8

Ausblick und Innovationen

Ein Großteil der Expertinnen und Experten der Seilbahnbranche erachtet die Umsetzung eines ersten Realprojekts in Deutschland mittels „klassischer“ Seilbahntechnik (vgl. Kapitel 6.1.2) als sinnvoll und wahrscheinlich. Dennoch ist es für zukünftige Vorhaben auf nationaler und internationaler Ebene wichtig, dass Technik weiterentwickelt und Nischenprodukte erarbeitet werden, um optimal auf den verkehrlichen Bedarf reagieren zu können und den ÖPNV sinnvoll und zielgerichtet auszubauen.

Seilbahnhersteller und Start-up-Unternehmen arbeiten kontinuierlich an der Entwicklung neuer Innovationen seilgezogener Mobilität, welche zukünftig Anwendung finden sollen. Hierbei werden sowohl neue Ansätze verfolgt als auch bestehende Systeme und Komponenten weiterentwickelt. Einige dieser Entwicklungen

können Vorteile für den Einsatz im urbanen Umfeld bedeuten. Unter anderem werden kompaktere 3S-Bahnen entwickelt. Hierdurch können sie besser in das urbane Umfeld integriert werden. Zudem kommen kleinere Kabinen zum Einsatz, welche oftmals besser zu der zu erwartenden Nachfrage passen.

Eine weitere Innovation sind Systeme, in denen die Seilbahnkabinen zusätzlich mit einem kleinen Elektroantrieb ausgestattet sind. Dieser ermöglicht die autonome Steuerung und den Betrieb der Kabinen innerhalb der Station. Somit können die Reifenförderer in der Stationsumfahrt und im Ein- und Ausstiegsbereich entfallen. Die Zielstation einer Kabine kann beim Einstieg festgelegt werden. Die zusätzlichen Weichen in den Stationen werden entsprechend dem festgelegten Ziel gestellt. Wenn kein Fahrgast-

wechsel gewünscht ist, können die Kabinen eine Station mit geringer Geschwindigkeit durchfahren und dabei auch wartende Kabinen überholen. Zudem sind in den Stationen Verzweigungen zu mehreren Strecken möglich. So können bei entsprechender Nachfragestruktur Reisezeiten reduziert und die Erschließung durch die Seilbahn verbessert werden.

Ein wichtiges Thema ist der autonome Betrieb von Seilbahnen. Erste Anlagen ohne örtliches Personal an den Stationen wurden bereits realisiert (vgl. Exkurs Autonomer Betrieb, Kapitel 4.4). Mittels intelligent vernetzter Technik werden der Ablauf und die Überwachung der Anlage sichergestellt. Das System erkennt Situationen, welche vom Normalbetrieb abweichen. Sofern dies der Fall ist (beispielsweise bei Verhinderung des Schließens der Kabinentür), schaltet die Anlage automatisch ab. Die Anlage wird durch Bedienpersonal wieder eingeschaltet, welches das System über das Kontrollzentrum überwacht. Durch den Verzicht auf örtliches Personal können Betriebskosten reduziert und die Wirtschaftlichkeit der Seilbahn verbessert werden. Daher ist davon auszugehen, dass in Zukunft verstärkt Entwicklungen in diese Richtung stattfinden. Es ist jedoch dennoch ratsam, in der Einführungsphase einer neuen Anlage örtliches Personal einzusetzen, um die Nutzerinnen und Nutzer in der Eingewöhnungsphase zu unterstützen.

Ein weiteres Entwicklungsfeld sind hybride Lösungsmöglichkeiten, welche die Vorteile eines seilgezogenen Systems und des autonomen Betriebs auf einer separaten ebenerdigen Trasse miteinander verbinden. Die Systeme basieren auf einer Seilbahn, deren Kabinen an der Seilbahnstation an autonome Fahrzeuge übergeben werden, welche entweder eine eigene Trasse oder

die vorhandene Straßeninfrastruktur nutzen. Das kombinierte System aus Seilbahn und autonom betriebenen Fahrzeugen bietet die Möglichkeit zur bedarfsorientierten Integration im urbanen Umfeld. Mit dieser „Doppellösung“ können bauliche und topografische Hindernisse mithilfe der Seilbahntechnik überwunden werden. Gleichzeitig wird die Fortführung des Systems auch in Gebiete ermöglicht, die für den Bau einer Seilbahntrasse nicht geeignet sind. Dies spart einen Umsteigevorgang ein und kann die Erschließungswirkung verbessern, wodurch sich die Attraktivität des Verkehrssystems erhöht. Hybride Konzepte befinden sich derzeit in der Entwicklung und wurden bislang nicht im Testbetrieb erprobt. Ob sie es zur Marktreife schaffen, ist daher noch ungewiss.

Die beschriebenen Innovationen beziehen sich auf den Stand 2022. Sie zeigen, dass der Seilbahnmärkt zukünftig eine noch größere Bandbreite an Lösungsmöglichkeiten für urbane Verkehrsprobleme zur Verfügung stellen wird. Ob eine Seilbahn zur Lösung dieser Probleme beitragen kann und welches Seilbahnsystem die optimale Wahl zur Lösung des Problems ist, ist auch in Zukunft stets projektspezifisch anhand der konkreten Anforderungen zu bewerten.

Abkürzungsverzeichnis

ALARP	As Low As Reasonably Practicable
BGB	Bürgerliches Gesetzbuch
BGG	Behindertengleichstellungsgesetz
BHO	Bundeshaushaltsordnung
BIM	Building Information Modeling
BMDV	Bundesministerium für Digitales und Verkehr
CENELEC	Europäisches Komitee für elektrotechnische Normung
CO₂	Kohlenstoffdioxid
DIN	Deutsches Institut für Normung
EN	Europäische Norm
ESG	Environmental Social Governance
EU	Europäische Union
EUB	Einseilumlaufbahn
GVFG	Gemeindeverkehrsfinanzierungsgesetz
HGrG	Haushaltsgrundsätzegesetz
HMI	Human Machine Interface
HWB	Health and Wellbeing
KEP	Kurier-, Express- und Paketdienste

LCA	Life Cycle Assessment
LCC	Life Cycle Costing
MIV	Motorisierter Individualverkehr
NDT	Nondestructive Testing
NIMBY	Not In My Backyard
NKU	Nutzen-Kosten-Untersuchung
NMIV	Nichtmotorisierter Individualverkehr
ÖPNV	Öffentlicher Personennahverkehr
pphpd	Passengers per hour per direction (Passagiere pro Stunde pro Richtung)
SDG	Sustainable Development Goal
SOP	Standard Operating Procedure
SPNV	Schienenpersonennahverkehr
UN	Vereinte Nationen
UVPG	Gesetz über die Umweltverträglichkeitsprüfung
VWI	Verkehrswissenschaftliches Institut Stuttgart
2S	Zweiseilumlaufbahn
3S	Dreiseilumlaufbahn

Nachweis von Gesetzestexten und Rechtsverordnungen

Die im Leitfaden benannten Gesetzesgrundlagen geben den Stand von Oktober 2022 wieder. Es ist zu beachten, dass zukünftige Änderungen bzw. Fortschreibungen im Realisierungsprozess beachtet werden müssen. Die nachfolgende Auflistung der Gesetzestexte erhebt keinen Anspruch auf Vollständigkeit, gegebenenfalls sind weitere Rechtsgrundlagen zu berücksichtigen.

- Verordnung (EU) 2016/424 des Europäischen Parlaments und des Rates vom 9. März 2016 über Seilbahnen und zur Aufhebung der Richtlinie 2000/9/EG (Verordnung [EU] 2016/424)
- Behindertengleichstellungsgesetz (BGG)
- Gemeindeverkehrsfinanzierungsgesetz (GVFG)
- Gesetz über die Umweltverträglichkeitsprüfung (UVPG)
- Personenbeförderungsgesetz (PBefG)
- Seilbahndurchführungsgesetz (SeilbDG)

Spezifische Vorgaben, welche die Genehmigung, den Betrieb, die Überwachung und die Aufsicht über die Seilbahnen betreffen, sind dem Landesseilbahngesetz des jeweiligen Bundeslandes zu entnehmen. Lediglich Brandenburg hat kein separates Landesseilbahngesetz erlassen. Die Regelungen sind hier über die Brandenburgische Bauordnung (BbgBO) festgelegt.

- Bayerisches Eisenbahn- und Seilbahngesetz (BayESG)
- Bremisches Seilbahngesetz (BremSeilbG)
- Eisenbahngesetz Saarland (EisenbG SL)
- Hamburgisches Seilbahngesetz (SeilbG HA)
- Hessisches Seilbahngesetz (HSeilbG)
- Landesseilbahngesetz Baden-Württemberg (LSeilbG BW)
- Landesseilbahngesetz Berlin (LSeilbG)
- Landesseilbahngesetz Mecklenburg-Vorpommern (LSeilbG M-V)
- Landesseilbahngesetz Rheinland-Pfalz (LSeilbG)
- Landesseilbahngesetz Sachsen (LSeilbG)
- Landesseilbahngesetz Schleswig-Holstein (LSeilbG)
- Niedersächsisches Gesetz über Eisenbahnen und Seilbahnen (NESG)
- Seilbahngesetz des Landes Sachsen-Anhalt (SeilbG LSA)
- Seilbahngesetz Nordrhein-Westfalen (SeilbG NRW)
- Thüringer Bergbahn- und Parkeisenbahngesetz (ThürBPBahnG)

Verzeichnis DIN-EN-Normen – betreffend Sicherheitsanforderungen an Seilbahnen für die Personenbeförderung

Die im Leitfaden benannten Normen, welche bei der Planung, der Ausführung und im Betrieb zu berücksichtigen sind, geben den Stand von Oktober 2022 wieder. Es ist zu beachten, dass zukünftige Änderungen bzw. Fortschreibungen im Realisierungsprozess beachtet werden müssen. Die nachfolgende Auflistung der Normen erhebt keinen Anspruch auf Vollständigkeit, gegebenenfalls sind weitere Normen, technische Unterlagen und Vorgaben zu berücksichtigen.

DIN EN 1709 Sicherheitsanforderungen an Seilbahnen für die Personenbeförderung – Erprobung und Anleitungen für die Instandhaltung und die Betriebskontrollen

DIN EN 1907 Sicherheitsanforderungen an Seilbahnen für die Personenbeförderung – Begriffsbestimmungen

DIN EN 1908 Sicherheitsanforderungen an Seilbahnen für den Personenverkehr – Spanneinrichtungen

DIN EN 1909 Sicherheitsanforderungen an Seilbahnen für den Personenverkehr – Räumung und Bergung

DIN EN 12397 Sicherheitsanforderungen an Seilbahnen für den Personenverkehr – Betrieb

DIN EN 12408 Sicherheitsanforderungen an Seilbahnen für den Personenverkehr – Qualitätssicherung

DIN EN 12927 Sicherheitsanforderungen an Seilbahnen für die Personenbeförderung – Seile

DIN EN 12929-1 Sicherheitsanforderungen an Seilbahnen für die Personenbeförderung – Allgemeine Bestimmungen – Teil 1: Anforderungen an alle Anlagen

DIN EN 12929-2 Sicherheitsanforderungen an Seilbahnen für den Personenverkehr – Allgemeine Bestimmungen – Teil 2: Ergänzende Anforderungen an Zweiseil-Pendelbahnen ohne Tragseilbremse

DIN EN 12930 Sicherheitsanforderungen an Seilbahnen für den Personenverkehr – Berechnungen

DIN EN 13107 Sicherheitsanforderungen an Seilbahnen für den Personenverkehr – Bauwerke

DIN EN 13223 Sicherheitsanforderungen an Seilbahnen für den Personenverkehr – Antriebe und weitere mechanische Einrichtungen

DIN EN 13243 Sicherheitsanforderungen an Seilbahnen für den Personenverkehr – Elektrische Einrichtungen ohne Antriebe

DIN EN 13796-1 Sicherheitsanforderungen an Seilbahnen für die Personenbeförderung – Fahrzeuge – Teil 1: Befestigungen am Seil, Laufwerke, Fangbremsen, Kabinen, Sessel, Wagen, Instandhaltungsfahrzeuge, Schleppvorrichtungen

DIN EN 13796-2 Sicherheitsanforderungen an Seilbahnen für den Personenverkehr – Fahrzeuge – Teil 2: Klemmenabziehversuch

DIN EN 13796-3 Sicherheitsanforderungen an Seilbahnen für den Personenverkehr – Fahrzeuge – Teil 3: Ermüdungsversuche

DIN EN 17064 Sicherheitsanforderungen an Seilbahnen für die Personenbeförderung – Brandverhütung und -bekämpfung

Mitwirkung

Im Namen der Arbeitsgemeinschaft von Drees & Sommer SE und dem Verkehrswissenschaftlichen Institut Stuttgart möchten wir uns bei allen Mitwirkenden bedanken, welche mit ihrem Fachwissen und ihrer Erfahrung einen wichtigen Beitrag zu diesem Handlungsleitfaden geleistet haben.

Dominik Berndt	Cable Car World
Lucas Fänger	Transdev GmbH
Dr. Clemens Fischer	Ministerium für Verkehr Baden-Württemberg
Prof. Dr. Jürgen Follmann	Hochschule Darmstadt
Helmut Haux	Bundesstadt Bonn
Torben Gregor Heinemann	Transport and Urban Development Agency Stadt Tbilissi
Prof. Dr. Joachim Hofmann-Göttig	Selbstständiger Berater
Ulrich Jaeger	Dortmunder Stadtwerke AG
Christian Kleinenhammann	Transdev GmbH
Thomas Marx	Hochschule Darmstadt
Prof. Dr. Heiner Monheim	Selbstständiger Berater
Janosch Neumann	Heinemann & Partner Rechtsanwälte und Notare
Prof. Dr.-Ing. Jörg Niemann	Hochschule Düsseldorf
Thomas Peschke	Bayerisches Staatsministerium für Wohnen, Bau und Verkehr
Max Reichenbach	Karlsruher Institut für Technologie
Joachim Schäfer	Regierungspräsidium Freiburg
Sabine Schnake	WSW mobil GmbH
Dr.-Ing. Georg Schober	TÜV SÜD Industrie Service GmbH
Horst Windeisen	Transdev GmbH
Johannes Winter	claystreetX Transport Services GmbH
Sven Winter	ROTEC GmbH

Darüber hinaus möchten wir uns bei allen Beteiligten an den Workshops in den Städten Bonn, Frankfurt am Main, Kiel, Leipzig, München und Stuttgart für ihre konstruktive Teilnahme und den interessanten Input bedanken.

Impressum

Herausgeber

Bundesministerium für Digitales und Verkehr (BMDV)

Referat G 12 Forschung und Innovation, Wissenschaftlicher Beirat, Expertennetzwerk, Deutsches Zentrum Mobilität der Zukunft (Auftraggeber)

Referat G 21 Nachhaltige urbane und ländliche Mobilität, Netzwerke, Digitale kommunale Verkehrssysteme (fachliche Begleitung)

Invalidenstraße 44, 10115 Berlin

Die dieser Veröffentlichung zugrunde liegenden Arbeiten wurden im Auftrag des Bundesministers für Digitales und Verkehr im Rahmen des Forschungsprogramms Stadtverkehr (FoPS) unter FE-Nr. 70.0982/2020 durchgeführt. Die Verantwortung für den Inhalt liegt ausschließlich beim Autor.

Stand

Oktober 2022

Druck

Bundesministerium für Digitales und Verkehr
Hausdruckerei

Gestaltung

MedienMélange: Kommunikation!
Goetheallee 6, 22765 Hamburg
www.medienmelange.de

Redaktion

Arbeitsgemeinschaft Drees & Sommer SE/VWI
Stuttgart GmbH
Vertreten durch Drees & Sommer SE
Obere Waldplätze 13, 70569 Stuttgart

Ansprechpartner:

Sebastian Beck

Tel.: +49 711 222933-4272

sebastian.beck@dreso.com

Olivia Franz

Tel.: +49 711 222933-4298

olivia.franz@dreso.com

Stefan Tritschler

Tel.: +49 711 89460212

stefan.tritschler@vwi-stuttgart.de

Christian Wieder

Tel.: +49 711 89460223

christian.wieder@vwi-stuttgart.de

Bildnachweis

Ministerbild: © Bundesregierung / Jesco Denzel

Seite 13: © Maxi – stock.adobe.com

Seite 17: © vit – stock.adobe.com

Seite 33: © Jonathan – stock.adobe.com

Seite 62 – Unterschiedliche Bauformen (Stationsgestaltung): Seilbahn Koblenz: © pyty – stock.adobe.com

Seilbahn La Paz: © josue – stock.adobe.com

Seilbahn London: © Fela Sanu – stock.adobe.com

Seite 67 – Unterschiedliche Bauformen (Stützengestaltung): Seilbahn Brest: © Cavan Images – stock.adobe.com

Seilbahn Toulouse: © Marie – stock.adobe.com

Seite 69 – Unterschiedliche Bauformen (Kabinengestaltung): Seilbahn La Paz: © Jonathan – stock.adobe.com

Seilbahn Portland: © vit – stock.adobe.com

Seilbahn Deutschland: Thomas Otto – stock.adobe.com

Seite 84: „Téléphérique de Brest“ in Brest/Frankreich:

© patrick – stock.adobe.com

Seite 86: „Rittner Seilbahn“ in Bozen/Italien:

© südtirolmobil

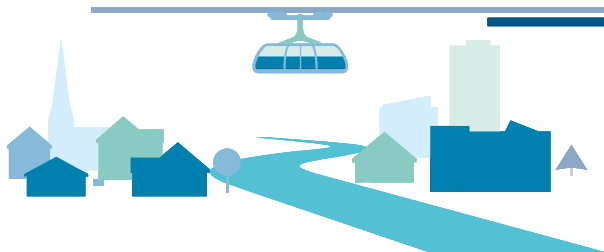
Seite 88: „Téléphérique Urbain Sud“ in Toulouse/Frankreich: © MathieuCarriere – stock.adobe.com

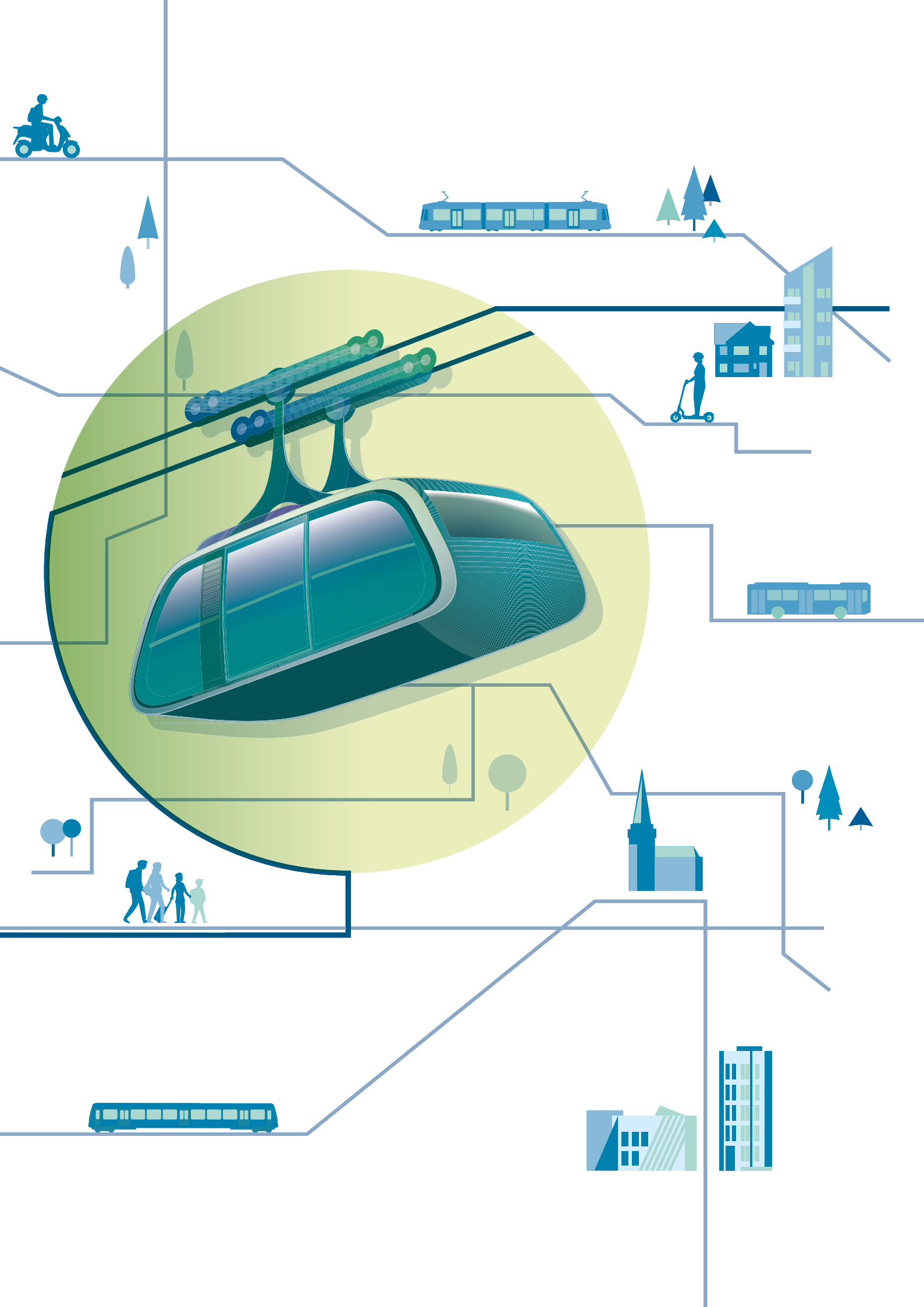
Seite 90: „Mi Teleférico“ in La Paz/Bolivien:

© saiko3p – stock.adobe.com

Seite 111: © Thomas Otto – stock.adobe.com

Diese Publikation wird von der Bundesregierung im Rahmen ihrer Öffentlichkeitsarbeit herausgegeben. Die Publikation wird kostenlos abgegeben und ist nicht zum Verkauf bestimmt. Sie darf weder von Parteien noch von Wahlwerbern oder Wahlhelfern während eines Wahlkampfes zum Zwecke der Wahlwerbung verwendet werden. Dies gilt für Bundestags-, Landtags- und Kommunalwahlen sowie für Wahlen zum Europäischen Parlament.







www.bmdv.bund.de

-  facebook.com/bmdv
-  twitter.com/BMDV
-  youtube.com/bmdv
-  instagram.com/bmdv
-  linkedin.com/company/bmdv-bund