

Heft 1

64. Jahrgang

Österreichische Zeitschrift für Verkehrswissenschaft – ÖZV

(bis 1989 Verkehrsannalen)

Gedruckt mit Unterstützung unserer Kuratoriumsmitglieder sowie des Bundesministeriums für Verkehr, Innovation und Technologie

Medieninhaber und Herausgeber: Österreichische Verkehrswissenschaftliche Gesellschaft (ÖVG);
1090 Wien, Kolingasse 13/7, Telefon: +43 / 1 / 587 97 27, Fax: +43 / 1 / 585 36 15

Redaktion: Chefredakteur: Univ.- Lektor Prof. Mag. Dr. Gerhard H. Gürtlich
 Redaktionsbeirat: ao.Univ. Prof. Dr. Günter Emberger, Univ.-Prof. Dr. Norbert Ostermann,
 em. Univ.-Prof. Dr. Klaus Rießberger, em. Univ.-Prof. Dr. Gerd Sammer,
 Dr. Csaba Székely, Dr. Karl Frohner, Dr. Karl-Johann Hartig,
 Florian Polterauer, MBA
 alle 1090 Wien, Kolingasse 13/7
 Redaktion Mag. Thomas Kratochvil, Mag. Lilla Popovics

Hersteller: OUTDOOR PRINT-MANAGEMENT
 Getreidemarkt 10, 1010 Wien

Bezugsbedingungen:

Der Bezug der Österreichischen Zeitschrift für Verkehrswissenschaft ist an die Mitgliedschaft bei der ÖVG gebunden.

Jahresbeitrag:

Jungmitglieder	€ 18,—
ordentliche Mitglieder (Einzelpersonen)	€ 39,—
fördernde Mitglieder	€ 190,—
Unternehmensmitglieder unter 100 Mitarbeiter	€ 450,—
Unternehmensmitglieder über 100 Mitarbeiter	€ 900,—
Kuratoriumsmitglieder	€ 2.500,—

Darüber hinaus kann die Österreichische Zeitschrift für Verkehrswissenschaft zu einem Kaufpreis von € 8,00 je Einzelheft zuzüglich Versandkosten erworben werden.

Auskünfte erteilt das Sekretariat der ÖVG, 1090 Wien, Kolingasse 13/7,
Telefon: +43 / 1 / 587 97 27, Fax: +43 / 1 / 585 36 15
E-Mail: office@oevg.at, Homepage: www.oevg.at

Die österreichische Zeitschrift für Verkehrswissenschaft erscheint viermal jährlich.

Manuskripte müssen druckfertig, wenn möglich in einem gängigen Textverarbeitungssystem, verfasst sein. Für unverlangt eingesandte Manuskripte kann keine Gewähr übernommen werden. Über die Annahme eines Beitrages entscheidet die Redaktion.

Der Nachdruck von Artikeln ist, auch auszugsweise, nur mit Genehmigung der Redaktion gestattet.

Offenlegung gemäß Mediengesetz:

Ziel der Österreichischen Zeitschrift für Verkehrswissenschaft ist es, die Verkehrswissenschaft zu fördern, verkehrswissenschaftliche, -technische und -politische Themen zu behandeln, Lösungen aufzuzeigen sowie neue Erkenntnisse der verkehrswissenschaftlichen Forschung bekannt zu machen.

Der Eisenbahnaufmarsch der k. u. k. Armee gegen Russland 1914 (Teil 2)

Gerhard ARTL

4. 1914: Der Aufmarsch in den 3. Balkankrieg

Am 28. Juni 1914 wurden der österreichisch-ungarische Thronfolger Erzherzog Franz Ferdinand und seiner Gattin Sophie in Sarajewo ermordet. Die untersuchenden Organe erkannten schnell, dass die Spur nach Belgrad führte. Die österreichisch-ungarische befristete Demarche bestand deshalb darauf, dass k.u.k. Organe an den Untersuchungen im Ausland teilnehmen sollten. Tatsächlich waren höchste serbische Kreise in das Attentat verwickelt, das der Chef des serbischen militärischen Geheimdienstes Oberst Dimitrievic Apis organisiert hatte.²⁰ Die ablehnende serbische Antwort traf am 25. Juli um 19.15 Uhr in Wien ein. Belgrad hatte allerdings bereits um 16.00 Uhr die allgemeine Mobilmachung proklamiert. Sie löste nunmehr noch am selben Abend auf Befehl Kaiser Franz Josephs die Mobilisierung „Fall B“ Österreich-Ungarns gegen Serbien und Montenegro aus. Als erster Alarmtag wurde der 27. Juli, als erster Mobilisierungstag der 28. Juli festgesetzt.

Mit dem ersten Mobilisierungstag ging die Oberleitung sämtlicher Verkehrsunternehmungen der Monarchie in militärische Hände über. An der Spitze stand der vom Kaiser ernannte Chef des Feldeisenbahnwesens, der wiederum unmittelbar dem Chef des Generalstabes unterstand. Für die Durchführung seiner Weisungen waren andere Militärbehörden zuständig: Im Hinterland die Zentraltransportleitung, in den Bereichen der Armeen die Feldtransportleitung. In administrativer Hinsicht unterstanden die Transportleitungen jedoch dem Kriegsministerium. Am 27. Juli wurde in Wien die Zentraltransportleitung als größte Militäreisenbahnbehörde in Wien formiert. Sie war für beide Teile der Monarchie die oberste instruierende Behörde und gewährte damit eine einheitliche Leitung der Militärtransporte.²¹

Für den Verwundeten- und Krankenabschub wurden 1.332 Wagen eigenen Typs zur Formierung von 52 Sanitätszügen für 10.748 Mann bereitgehalten. Die technische Einrichtung erfolgte aufgrund detaillierter Friedenspläne in den Bahnwerkstätten, die sanitäre Ausrüstung und Bemannung durch die Garnisonsspitäler. Weiters wurden 122 Bahnstationen als Krankenhaltestationen mit insgesamt 11.824 Betten für nicht transportfähige Verwundete eingerichtet. In der gesamten Donaumonarchie wurden rund drei Millionen Tonnen

Kriegskohlenvorräte bereitgehalten, die für einen achtwöchigen Vollbetrieb reichten. Während der intensiven Aufmarschphase war daher kein Zuschub von Bahnbetriebskohle erforderlich.

Für den Krieg gegen Serbien (und Montenegro) wurden zunächst die Minimalgruppe Balkan und die B-Staffel mobilisiert: Diese umfassten die Armeekorps IV, VII, VIII, IX, XIII, XV und XVI mit insgesamt 19 Infanteriedivisionen sowie die 1., 10. und 11. Kavalleriedivision. Das drei Divisionen starke III. Korps wurde als Dispositionsreserve ebenfalls mobilisiert.²² Damit sollte Österreich-Ungarn beinahe die Hälfte seiner Wehrmacht aufbieten.

Schon am 27. Juli trafen in Wien Nachrichten darüber ein, dass Russland die vorzeitige Ausmusterung aus den Junkerschulen und die Einberufung von vier Reservejahrgängen in den Militärbezirken Kiew, Odessa und Moskau angeordnet hatte. Conrad befahl daraufhin den Chef der russischen Gruppe mit dem Aufmarschelaborat R zu sich.²³ Am 28. Juli erklärte Österreich-Ungarn an Serbien den Krieg. Tags darauf erfolgte die offizielle Bekanntgabe der russischen Teilmobilisierung gegen Österreich-Ungarn. Mit dem möglichen Eingreifen Russlands in den beginnenden Krieg am Balkan musste also jederzeit gerechnet werden.

5. Das Eisenbahnbüro des k.u.k. Generalstabes und der Ausbruch des Mehrfrontenkrieges

Anfang April 1913 erörterte Conrad mit dem damaligen Chef des Eisenbahnbüros Oberst Franz Rziha die Möglichkeiten, Truppen der B-Staffel, die bereits in Versammlung gegen Serbien begriffen waren, ohne jeden Zeitverlust nach Galizien gegen Russland umzudirigieren. Rziha bemerkte dazu, „dass dieser Frontwechsel am leichtesten bis zum fünften Mobilisierungstag durchführbar wäre, dann ginge es noch bis zum sechzehnten Mobilisierungstag, nach Beginn der Operationen gegen Serbien würde es aber immer schwieriger.“²⁴ Ganz in diesem Sinne sollte Conrad während des gemeinsamen Ministerrates am 7. Juli auf die Frage Kriegsminister FZM. Alexander Kroatins antworten, ob es möglich sei, zuerst gegen Serbien zu mobilisieren und erst nachträglich, wenn sich die Notwendigkeit dazu ergibt, auch gegen Russland. Dieser Fall, so Conrad,

sei vorbereitet, doch müsse die Entscheidung bald, etwa bis zum fünften Mobilisierungstag, erfolgen, dann wäre kein wesentlicher Zeitverlust zu besorgen.

Am 30. Juli fand um 11 Uhr vormittags eine Stabsbesprechung bei Conrad statt. Teilnehmer waren neben dem Generalstabschef dessen Stellvertreter Franz Höfer, der Leiter des Operationsbüros Oberst Josef Metzger, Conrads Flügeladjutant Rudolf Kundmann und der Leiter des Eisenbahnbüros Oberst Johann Straub. Dieser wurde nun gefragt, wann mit Rücksicht auf die Instradierung der erste Mobtag angeordnet werden könnte. Straub, von dem man annehmen sollte, dass er „in der Lage lebte“, erklärte, er brauche dazu 24 Stunden Bedenkzeit (!), der erste Mobtag dürfte jedoch nicht vor dem 4. August sein.

Conrads Leitgedanken für den Aufmarsch gegen Russland sind seiner operativen Studie vom 9. März 1914 zu entnehmen. Bis dahin war von öst.-ung. Seite damit gerechnet worden, dass das russische Heer unter Preisgabe des Landes westlich der Weichsel an Njemen – Narew und in Wolhynien – Podolien aufmarschieren würde, um in weiterer Folge zur Offensive überzugehen. Doch Russland hatte in der letzten Zeit unter starken französischen Einfluss seine Reserve divisionen wesentlich verstärkt und mit französischem Geld die Aufmarschbahnen unter Hochdruck ausgebaut.²⁵ Conrad erwartete deshalb nunmehr im Fall einer Auseinandersetzung diese Offensive nicht nur früher, sondern auch weiter westlich, im Weichselland. „Daraus ergibt sich ein, die ö.-u. Kräfte in Galizien von Haus aus umfassender russischer Aufmarsch, der, wenn die russische Offensive abgewartet würde, zur Umschließung der im Raum Jaroslau – Lemberg gedachten ö.-u. Kräfte führen müsste. Sollte dies vermieden werden, dann erübrigt nur, ehe der Ring sich schließt, gegen einen Teil derselben so rasch als möglich und so stark als möglich loszugehen, indess die anderen Teile abzuhalten. Dieser Teil (der anzugreifende Teil) kann nur jener zwischen Weichsel und Bug sein.“²⁶

Conrad änderte daraufhin die Grundaufstellung des k.u.k. Heeres. Die Hauptkraft sollte jetzt statt im Raum Jaroslau – Lemberg im Abschnitt Sanmündung – Przemysl bereitgestellt werden, um von dort aus mit 30 Divisionen zum Stoß nach Norden anzutreten. Unter Rücksicht auf die Transportverhältnisse bestimmte der Generalstabschef schließlich für den Hauptstoß 26 Divisionen.

Im Laufe des 31. Juli zeigten sich immer deutlicher Russlands Mobilisierungsmaßnahmen. Kaiser Franz Joseph unterzeichnete daraufhin mittags

den Befehl zur allgemeinen Mobilisierung. Damit sank der Balkan zum Nebenkriegsschauplatz herab. Dem Hauptgegner Russland sollte die Masse der k.u.k. Armee, die A–Staffel, und die bisher gegen Serbien vorgesehene strategische Reserve, die B–Staffel, in Galizien entgegengestellt werden. Noch am Vormittag hatte der Chef des Eisenbahnbüros Straub gemeinsam mit Mjr. Emil Ratzenhofer Conrad die graphischen Eintreffübersichten der gegen Russland zu verwendenden Truppen vorgelegt. Conrad erwog nunmehr ganz im Sinne einer Schwergewichtsbildung gegenüber dem neuen Hauptgegner sogar, neben der 2. Armee (B–Staffel mit IV., VII. und IX. Korps) mit dem 5. Armeekommando, dem VIII. Korps, der 20. und 40. Infanterietruppendivision und der 36. Landsturminfanteriebrigade auch Teile der Minimalgruppe B gegen Russland einzusetzen.²⁷

Das Eisenbahnbüro ließ nachmittags den Fall „R“ mit ersten Alarmtag 2. August, 2. Alarmtag 3. August, erster Mobtag 4. August anlaufen. Mit der Feststellung des aktuellen Lagebildes der Transporte Richtung Balkan, um den Generalstabschef ohne Zeitverlust umfassend detailliert und richtig informieren zu können, beschäftigte sich allerdings offensichtlich niemand.

Oberst Straub verließ abends gegen 20.30 Uhr sein Büro. Beim Betreten seiner Wohnung meldete ihm sein Diener, er hätte sich unverzüglich bei Conrad zu melden.

Dieser fragte sodann Straub, wie er darüber denke, die Transporte Richtung Balkan anzuhalten. Straub antwortete: „Exz. man schafft damit ein Chaos, ein Tohuwabohu.“ Conrad ließ den Oberst daraufhin den Brief, den der deutsche Kaiser an Kaiser Franz Joseph gerichtet hatte, lesen, in welchem dieser die Absicht mitteilt, Frankreich mit ganzer Kraft anzugreifen, und darum ersucht, mit 40 Div. – ohne sich zu zersplittern – gegen „R“ aufzumarschieren.“

Doch Straub blieb dabei. Dies würde eine Katastrophe bedeuten und wäre eisenbahntechnisch nicht durchzuführen. Er erbat zwei Stunden Bedenkzeit, die er dazu nutzte, Ratzenhofer mit dem Automobil holen zu lassen und sich mit diesem zu beraten. Um 23.30 Uhr referierten beide Offiziere dem Generalstabschef. Den Kern der Ausführungen der Offiziere des Eisenbahnbüros bildete der wiederholte Hinweis auf „eine Unzahl von Komplikationen“, die sich ergeben würden, wenn der laufende Aufmarsch gestoppt werden müsste. Conrad entschloss sich aufgrund dieses Referats, den B–Aufmarsch weiterlaufen zu lassen. Das III. Korps, die 1. und die 11. Kavalleriedivision hatten jedoch nach Norden zu gehen.²⁸

Mjr. Ratzenhofer kehrte als einer der Ersten am Morgen des 1. August in die Zentraltransportleitung zurück. Dort wurde er als Leiter der R-Gruppe/ZTL sofort mit der Forderung des Operationsbüros konfrontiert, die beiden aus Böhmen rollenden Korps (VIII. und IX.) und die beiden aus Südungarn rollenden Korps (IV. und VII.) nicht Richtung Balkan weiter laufen zu lassen, sondern gegen Russland zu drehen.

Damit sollten Truppen, die bereits voll mobilisiert waren, noch vor der A-Staffel ihre Aufmarschräume in Galizien beziehen, um damit den späten R-Aufmarsch zu beschleunigen.²⁹

Doch Ratzenhofer sprach sich sofort „mit aller Vehemenz“ dagegen aus. Er informierte in diesem Sinne auch sogleich Oberst Straub, als dieser im Büro eintraf. Ratzenhofers Kalkül zufolge sollte der Transport der A-Staffel nach Galizien am 20. August am linken Flügel, am 23. August am rechten Flügel abgelaufen sein. Würde der B-Aufmarsch fortgesetzt, wäre er am 11. August „so ziemlich“ beendet. Die 450 Züge des VIII., IX. und VII. Korps könnten sodann nach Ablauf der A-Staffel mit 72 Zügen täglich innerhalb von sieben bis acht Tagen abrollen und damit ebenso zeitgerecht gegen R gelangen, als wenn sie im normalen B-Staffel des R-Aufmarsches laufen würden.

Diese Absicht wurde zunächst Oberst Metzger im Operationsbüro mitgeteilt. Beim Referat bei Conrad erklärte Straub diesem ausdrücklich, dass das Aufhalten des B-Aufmarsches eine Katastrophe wäre, für die er unter keinen Umständen die Verantwortung übernehmen könne. Conrad erwiderte nach Mitteilung Straubs darauf, er wolle ja dies nur wissen. Wenn er es ihm sage, so sei er ja vollkommen davon überzeugt, dass es undurchführbar sei und es würde auch nicht gemacht.³⁰ Der Generalstabschef folgte somit dem Ratschlag seiner Eisenbahnfachleute und ließ den großen Aufmarsch gegen den Balkan weiterrollen. Eine Maßnahme, die bis heute höchst umstritten ist.³¹

6. Der weitere Aufmarsch aus der Sicht des Eisenbahnbüros

Für den Aufmarsch gegen Russland war der 2. August als 1. R-Alarmtag und der 4. August als 1. R-Mobilisierungstag festgelegt worden. Bis sechs Uhr früh des 4. August konnten Reisende und rollende Güter noch weiterlaufen, dann trat ein Stillstand auf allen Linien ein, von dem nur Lebendes, Militär, Leichtverderbliches, Regie und Wagendirektionen ausgenommen waren. Jede Güteraufnahme und der Personenverkehr wurde eingestellt, der Wagenübergang ins Ausland gesperrt. Der Stillstand wurde zur Wagenaufnahme

genutzt. Die Summe der Wagen nach Kategorien wurde ohne Rücksicht auf Eigentumsmerkmale bzw. Heimatbereiche gebildet und über die Kriegsfilialwagendirektion der Zentralwagendirektion nach Wien gemeldet. Jede weitere Wagenverwendung durfte nun nur mehr auf Weisung der Militäreisenbahnbehörden erfolgen. Damit war der gemeinsame Wagenpark, eine der Hauptgrundlagen für die einheitliche militärische Auswertung des Vollbahnnetzes gebildet.

Zur Bewältigung der Einrückungsbewegung wurden die Garnituren aller personenführenden Züge der Friedensfahrordnung auf das Maximum verstärkt. Um Mitternacht vom 2. auf den dritten Mobilisierungstag, also von 5. auf den 6. August, trat auf allen Linien, für die es Kriegsfahrordnungen gab, die Kriegsfahrordnung in Kraft. Von der Versorgung der Städte mit leicht verderblichen Waren, Post- und Einrückungszügen abgesehen liefen nur mehr Züge der Kriegsfahrordnung, die befehlsgemäß seitens der Militäreisenbahnbehörden mit Transporten belegt waren. Zehntausende von Bahnmitarbeitern wurden in andere Stationen verlegt etwa 1 000 Lokomotiven mit Reservematerial und doppelter Besetzung in Heizhäuser anderer, oft weit abgelegener Direktionsbezirke dirigiert. Eine Verschiebung, die mehrere Tage in Anspruch nahm. Dadurch konnten die Aufmarschbahnen am dritten Mobilisierungstag 30 %, am vierten 40 %, am fünften 50%, am sechsten Tag 70 % und ab den siebenten Mobilisierungstag den vollen Verkehr aufnehmen.³²

Ab 6. August 1914 rollten die Aufmarschtransporte. Bis Ende August beförderten rund 4 000 Vollzüge³³ zu je 50 Eisenbahnwagen mehr als 1 200 000 Soldaten an die von Russland bedrohten Grenzen in Ostgalizien. Gleichzeitig rollten mehr als 2 060 Vollzüge gegen Serbien. Mit 31. August wurde die Kriegsfahrordnung wieder beendet.³⁴

Emil Ratzenhofer, von dem ein umfangreicher schriftlicher Nachlass vorliegt, skizzierte die Aufmarschbewegung der B-Staffel 1931 folgendermaßen:

„In der Folge wurde zur raschesten Kräftevereinigung gegen R und ohne starres Festhalten an dem vorbereiteten Elaborate wie folgt verfahren:

Die 1. Kavalleriedivision wurde im Laufe umgedreht und traf schon bis 6. August in Ostgalizien ein. Das III. Korps (6., 28., 22. Division), die 10., 19., 26. Infanterie und die 11. Kavalleriedivision wurden aus dem B-Aufmarsch ausgeschieden, dem R-Aufmarsch eingegliedert, die 20. Division an Stelle der 40. nach R dirigiert, die nach B gerollte 9. und 21. Division für R durch Landsturmbriaden ersetzt usw. Diese 700 hundertachsige Züge betreffende Umdisponierungen

wurden von den in Bildung begriffenen Militäreisenbahnbehörden neben der Leitung der beiden parallel laufenden Aufmärsche bewältigt und von den Bahnen auch in die Tat umgesetzt.

Die Versammlung des 2. Armeekommandos samt Unmittelbaren, der 10. Kavalleriedivision, des IV. Korps (31., 32.), VII. Korps (17., 34., 23.) und IX. Korps (29.) wurde im Süden vollzogen. Sie sollten in der Zeit vom 12. bis 18. zur Unterstützung der Balkanstreitkräfte in Syrmien und im Banate demonstrativ verwendet werden, die Befehle des Armeeeoberkommandos ließen aber keinen Zweifel, dass sie nur nördlich der großen Flusslinien zur Verfügung stünden und ihr Abtransport nach Nord am 18. beginnen müsse. Schon am 9. wurde das Abrollen der erforderlichen Zugsmenge festgelegt. Ihr Eintreffen im Norden war bis 31. wie bei normalem R–Aufmarsch zu erwarten.

Er erfolgte auch programmgemäß beim 2. Armeekommando, der 10. Kavalleriedivision bis 25., der 20. und 23. Division bis 26. und 28., beim VII. Korps (17., 34.) bis 31., verzögerte sich aber beim IV. Korps (31., 32.) und der 29. Division. Erstere wurde in die Kämpfe südlich der Save hineingezogen und kam trotz Drängens des Armeeeoberkommandos erst am 30. zur Einladung. Seine Queue geriet in die wegen Räumung Lembergs rückströmenden Wagenmassen und erfuhr Verzögerungen bis zu 36 Stunden, so dass sie erst am 9. IX. endete. So kam es, daß zwei Divisionen um acht Tage später zu dem Ringen bei Lemberg kamen. Eine Division (29.) wurde durch die Ereignisse im Süden festgehalten. Auf diese Fakten reduzieren sich tatsächlich die Folgen des vielbesprochenen Transportes der 2. Armee nach Ostgalizien mit dem Zwischenaufenthalt im Süden.³⁵

Doch war die Empfehlung des Eisenbahnbüros, den Aufmarsch der B–Staffel Richtung Balkan auslaufen zu lassen, wirklich die einzige und gleichzeitig denkbar beste Lösung?

7. Schlussbetrachtung

Emil Ratzenhofer, der 1926 als General und Sektionschef des Bundesministeriums für Heerwesen in den Ruhestand versetzt wurde, zählte bis 1945 zu den führenden österreichischen Militärpublizisten.³⁶ Der ehemalige Oberst des Generalstabes Max Pitreich beschäftigte sich wiederum besonders eingehend mit dem Kriegsbeginn 1914 und stieß dabei auf eine Reihe von Widersprüchen in Ratzenhofers Darstellungen der Transportentscheidung vom 31. Juli bzw. 1. August 1914.³⁷ Zweifelsohne war Ratzenhofer damit für seinen ehemaligen Bürochef Oberst Straub und wohl auch für sich selbst eingetreten.

Allerdings wurde dann damit eine Grenze überschritten, wenn dies auch für eine falsche Darstellung historischer Tatsachen diene.

Wiederholt hatte Ratzenhofer betont, das Eisenbahnbüro habe alle Vorsorgen getroffen, die ihm befohlen worden seien. Für eine gleichzeitige Durchführung des Balkan– und des Russlandaufmarsches sei kein Elaborat anbefohlen gewesen. Dabei verwies er auch auf das Kriegsarchivwerk Ö.U.L.K. Bd. 1, S. 20. Dies war zwar korrekt zitiert, aber dieser Abschnitt stammte aus der Feder Ratzenhofers: Er hatte sich somit selbst zitiert!

Pitreich blieb jedoch nicht müßig, für seine Argumentation weitere Belege zu suchen. Er fand dabei unter den nachgelassenen Papieren des Eisenbahnbüros den Befehl Conrads vom 29. November 1913, Res.Glstb. Nr. 4601/I: „Die Aufmarscharbeiten basieren auf der Annahme eines Kriegesfalles „R“ ohne vorangegangener teilweiser Mobilisierung. Da jedoch mit der Möglichkeit zu rechnen ist, dass der allgemeinen Mobilisierung und dem Aufmarsch gegen „R“ der Kriegsfall „B“ vorangehen könnte, so muss das Instradierungs-elaborat derart verfasst sein, dass es beiden Fällen Rechnung trägt. Unter diesem Gesichtspunkt wurde die ... Staffeldivision festgesetzt, welche es ermöglichen soll, dass das Gros der zur Verwendung gegen Serbien im Kriegsfall „B“ designierten Kräfte (Staffel B) aus der Instradierung gegen „R“ ausgeschieden werden könne, ohne das ganze Aufmarschelaborat wesentlich zu stören. Auch die Armeeeinheiten sind in diesem Sinne in den Beilagen 1 – 1e in Staffel A und B gegliedert. Nur jener Teil, der gegen „B“ designierten Formationen, der in einem Kriegsfall „R“ ohne vorausgegangenem Kriegsfall „B“ frühzeitig am nördlichen Kriegsschauplatz gebraucht wird, (2. AK, 1., 10., 5., 1. und Tetebrig. der 11. LKTr. Div., Flugparks etc.) ist, wie dies die folgenden Direktiven und Beilagen im Besonderen festsetzen, nicht in der Staffel B eingeteilt, sondern mit der Staffel A zu instradieren. Die Aufmarschkörper sind möglichst geschlossen auf die Aufmarschlinien zu verteilen ...“³⁸

Oberst Straub bestätigte mit 2. Dezember 1913 die Übernahme. Und der Leiter der „R“-Gruppe im Eisenbahnbüro Mjr. Ratzenhofer soll von alledem nichts gewusst haben?

Dieser Befehl trifft genau jenen Fall, der im Sommer 1914 eingetreten ist. Die damit geforderte eingehende Studie ist offensichtlich nicht verfasst worden. Es bleibt auch ungeklärt, ob Conrad jemals auf Erledigung gedrängt hat. In seinen Erinnerungen verweist der k.u.k. Generalstabeschef jedenfalls wieder darauf.³⁹ Es hat allerdings

den Anschein, dass Conrad unter dem Druck der Ereignisse Ende Juli 1914 die oben angeführten Direktiven nicht mehr vor Augen gehabt hat, sonst wäre Straub wohl nicht einen Tag länger Chef des Feldtransportwesens geblieben.⁴⁰

Letztlich sollte Ratzenhofer bis zu seinem Tod anfangs 1964 gestützt auf eisenbahntechnische Grafiken, Kriegsfahrpläne und Instradierungsübersichten erfolgreich darlegen, dass das Eisenbahnbüro nicht anders handeln können, als die Verantwortung für die Umlenkung der B–Staffel nach Galizien abzulehnen. Nichtfachleute konnten aus dem Labyrinth vertikaler, horizontaler und diagonaler Linienführungen so gut wie gar nichts herauslesen. Es blieb bloß die Meinung, dass die voll berechnete Forderung des Chefs des Generalstabes bei entsprechender Vorbereitung und gutem Willen erfüllbar gewesen wäre.⁴¹

Als zu Mittag des 31. Juli 1914 die Allgemeine Mobilisierung angeordnet wurde, zählte es im Sinne klassischer Stabsarbeit zu den Aufgaben des Eisenbahnbüros, die momentane Lage festzustellen sowie jene in 12 oder 24 Stunden, um dem Chef des Generalstabes ohne Zeitverlust ein aktuelles Lagebild präsentieren zu können. Offensichtlich beschäftigte sich am Nachmittag des 31. Juli jedoch kein Eisenbahnstabsoffizier mit dieser Frage. Weder der Chef des Eisenbahnbüros, noch der zuständige Generalstabsoffizier konnten dies in den Abendstunden Conrad melden. Sie brauchten Stunden zur Lagefeststellung.

Der ehemalige Oberst des Generalstabes der Ungarischen Armee Kálmán Kéri, während des Zweiten Weltkrieges Chef der Zentraltransportleitung und bevollmächtigter Leiter des gesamten Verkehrs Ungarns, beschäftigte sich Jahrzehnte nach dem Krieg eingehend mit den Aufmarschelaboraten des öst.–ung. Eisenbahnbüros. Nach Ansicht dieses Eisenbahnfachmanns hatte Oberst Straub sein Büro nicht auf alle Möglichkeiten vorbereitet, um dem Generalstabschef den augenblicklichen Stand der Verkehrslage, der Instradierung und der im Transport stehenden Truppen in einer Weise darlegen zu können, die für einen Entschluss unentbehrlich ist. Entgegen dem Befehl Conrads vom 29. November 1913 waren keinerlei Vorbereitungen dafür getroffen worden, um ab dem 3. B–MobTag die B–Staffel nach Norden dirigieren zu können. Es war nur der völlig starre und einzige Fall vorbereitet, die B–Staffel dem vollendeten Aufmarsch der A–Staffel folgen zu lassen.

Zweifellos hätte es großer Arbeit bedurft, für alle zwölf Stunden der ersten vier bis fünf Transporttage die Transportlage der im Frieden ausgearbeiteten Bewegungen an Hand einer Skizze zu fixieren. Diese Skizze war mit den eingetretenen Änderungen zu

ergänzen und hatte die Angaben sich ergebender Schwierigkeiten bei einer Umleitung ebenso zu enthalten wie die erforderlichen Personal– und Lokomotivverschiebungen. Straub hätte damit am Abend des 31. Juli keine Bedenkzeit erbeten müssen und hätte prompt und wahrheitsgetreu Conrad die Transportlage darlegen können.

So aber wurde Conrad von den beiden Eisenbahnoffizieren gemeldet, die korpsunmittelbaren Truppen des VIII und IX Korps und die Teten der 9. und der 29. ITD seien im Laufen. Tatsächlich liefen nach den Berechnungen Kéris von diesen beiden Korps 22 hundertachsige Transporte, aber 180 standen noch! Dieses Bild wurde Conrad jedoch nicht präsentiert. Dem Generalstabschef wurde erklärt, eine Uminstradierung sei eisenbahntechnisch undurchführbar. Kéri wies nach, dass die Behauptung Straubs sowohl am 31. Juli wie auch am 1. August „auf oberflächlichen und nicht vertretbaren Informationen ruhen“. Die angeführten 22 Transporte, von denen nur vier (!) Wien verlassen hatten⁴², hätten im Laufe des 1. und 2. August problemlos Prerau/Mähren erreichen können.

Kéris Alternativvariante sah vor, die Kampftruppen der A–Staffel wie friedensmäßig geplant zu transportieren. Der Aufmarsch zweitrangiger Landsturm– und Marschbrigaden sowie von Arbeiterformationen waren jedoch einige Tage später anzusetzen. Stattdessen sollten auf den dadurch freigemachten und auf den Reservetrassen sofort die Verbände des VIII. und des IX. Korps nach Norden geschickt werden. Nach Ansicht Kéris hätte deshalb spätestens am Nachmittag des 31. Juli die enge Zusammenarbeit zwischen dem Eisenbahnbüro und den führenden Eisenbahnfachleuten gesucht werden müssen.

Der ehemalige Eisenbahngeneralstabsoffizier kritisierte auch den späten Zeitpunkt der Mobilisierung und des Überganges auf den Kriegsfahrplan. Seiner Ansicht nach hatte die Teilmobilisierung gegen Serbien bereits gezeigt, dass es auch schneller ging. Erster Mobilisierungstag statt am 4. bereits am 2. August und der Übergang vom Friedens– auf den Kriegsfahrplan schon nach 72 Stunden, daher am 4. und nicht erst am 6. August. Ebenso hielt er den Sicherheitsfaktor für weit überspannt. Es wäre völlig unverständlich, dass auf der besten Linie der Monarchie, der Nordbahn, die im Frieden täglich von 72 Zügen frequentiert wurde, am 6. August dreizehn, am 7. noch immer nur siebzehn und erst am 10. das vorgeschriebene Maximum von 41 rollte.⁴³ Seiner Meinung nach erfolgte das Ansteigen der Leistungsfähigkeit auf den schweren Karpatenlinien ebenfalls viel zu schleppend. Die Offiziere des Eisenbahnbüros konnten sich auch nur Züge mit

50 oder 100 Achsen vorstellen. Also wurden Munitionskolonnen, die 150 Achsen benötigten, auf der Strecke Wien Krakau, die für 150-achsige Züge gebaut war, mit einem 100-achsigen und einem 50-achsigen Zug transportiert.

Die Aufmarschinstradierung beruhte auf den Erfahrungen des Krieges von 1866 und auf den theoretischen Erkenntnissen, die man aus dem deutsch-französischen Krieg von 1870 gewonnen hatte. Offensichtlich gab es kein vertrauensvolles Verhältnis zwischen den führenden Soldaten und den Eisenbahnern. Sonst wäre es gelungen, die nach der Jahrhundertwende gesteigerte praktische Leistungsfähigkeit der Bahn voll zu nutzen. Mangelte es schon an der Zusammenarbeit der Generalstabsoffiziere und den Eisenbahnfachleuten, so verhandelten die Transportchefs Deutschlands und Österreich-Ungarns vor dem Krieg überhaupt nie. Der Transport italienischer Kräfte über Tirol nach Deutschland war zwar auf Minuten genau geregelt, über Aushilfmöglichkeiten wurde jedoch nicht gesprochen. So musste die Masse des Innsbrucker XIV. Korps die schwere Strecke Wörgl-Salzburg benutzen, während die weit vorteilhaftere Linie Wörgl-Rosenheim-Salzburg mit keinen deutschen Aufmarschtransporten belastet und damit völlig frei war.

Bei der Suche nach Aushilfen, um die Umleitungsmöglichkeiten der B-Staffel zu beurteilen, erstreckte sich Kéris Studie auch auf die benachbarten reichsdeutschen Bahnen in Schlesien. Dabei stieß er auf die Linien Prag – Teschen – Dresden – Görlitz – Liegnitz – Breslau – Oppeln – Mislowitz – Trzebina – Krakau und Görlitz – Hirschberg – Glatz – Mislowitz – Oswiecim – Trzebina – Krakau. Auf diesen Linien hätten öst.-ung. Transporte nicht gestört, da der deutsche Aufmarsch in die Gegenrichtung ging. Der Aufmarsch der A-Staffel wäre davon ebenfalls nicht berührt worden, weil die Linie Oswiecim-Skawina-Krakau nicht benutzt werden musste. Die mögliche Transportleistung gab der ungarische Oberst mit insgesamt etwa 20 bis 30 100-achsige Züge täglich an.⁴⁴

Von den sieben Aufmarschlinien Richtung Galizien zog Kéri für den Aufmarsch der B-Staffel nur drei ins Kalkül:

I. Wien-Prerau-Oswiecim, Krakau-Przemysl

II. Pressburg-Sillein-Zsolna-Teschen-Krakau-Przemysl mit der Zweiglinie Csacza-Neusandec-Tarnow-Przemysl

III. Miskolc-Kassa-Neusandec-Jaslo-Rzeszow mit der Zweiglinie Jaslo-Chyrow-Lemberg

Die Linien IV bis VII kamen als schwere Gebirgsstrecken für eine längere Aushilfe nicht in Betracht. Als Ergebnis seines durchaus vorsichtigen Kalküls berechnete Kéri, das vom 1. bis 23. August insgesamt zusätzlich 464 bis 498 100-achsige Zugtrassen zur Verfügung standen. Dies bedeutet, dass neben dem Aufmarsch der A-Staffel der parallele Transport der B-Staffel durchführbar gewesen wäre.⁴⁵

Straub und Ratzenhofer hatten den Befehl Conrads vom 29. November 1913 nicht zum Anlass genommen, den Aufmarschplan gegen Russland neu zu durchdenken. Es sind auch Zweifel angebracht, ob sie den operativen Leitgedanken, den Conrad in seiner Studie vom 9. März 1914 niedergelegt hat, tatsächlich in seiner Tiefe erfasst haben: Den Hauptstoß nach Norden schwergewichtsmäßig mit wenigstens 26 Divisionen durchzuführen.

Die Fortsetzung des Transportes der B-Staffel auf den Balkan hatte, wie Ratzenhofer schönfärberisch feststellte, nicht bloß die Folge, dass zwei Divisionen um acht Tage zu spät kamen und eine weitere im Süden festgehalten wurde.⁴⁶

Kéri stellte dies ungleich klarer und deutlicher dar: „Eine Division kam erst Mitte Januar 1915, zwei Divisionen erst im Februar 1915, nach verlustreichen Schlachten, zum Teil nach zermürenden Rückzügen auf dem nördlichen Kriegsschauplatz an. Und die zwei Divisionen des IV. Korps begannen ihre Einwaggonierung im Süden verzögert durch die Kämpfe in Sabac erst am 30. und 31. August. Der letzte Truppentransport, das Infanterieregiment 44, traf erst am 9. September ein. Nicht siegesbewusst, (sondern) ermüdet und nach schweren Verlusten wurden die 31. und 32. Division – die einen sehr guten Ruf genossen – nach Norden transportiert, um ratenweise in neue, teilweise unvorbereitete Gegenangriffe eingesetzt zu werden. Das VII. Korps der B-Staffel traf bis 31. August ein, ohne irgendeine Ablenkungsaktion im Süden vollbracht zu haben.“⁴⁷

Der Transportentschluss vom 31. Juli bzw. vom 1. August 1914 wirkte sich in der Folge fatal aus. Die B-Staffel sollte letztlich unvollständig und zu spät eintreffen, um die großen Gebietsverluste, insbesondere aber die unersetzlichen Verluste an Soldaten und Gerät in Grenzen zu halten. Conrads Nordstoß wurde mit 21 statt mit zumindest 26 Divisionen geführt und zerflatterte. Große Teile der österreichisch-ungarischen Truppen büßten innerhalb weniger Wochen ihre operative Feldverwendungsfähigkeit ein. Die k.u.k. Armee sollte sich von diesen Verlusten nie mehr vollständig erholen.

Literatur- und Quellenverzeichnis

20. Dazu Würthle, Friedrich: Die Spur führt nach Belgrad. Wien 1971.
21. Peball, Kriegspläne des k.u.k. Generalstabs, S. 36.
22. Conrad: AMDZ, Bd. 4, S. 122f.
23. Conrad: AMDZ, Bd. 4, S. 133, 274.
24. Conrad: AMDZ, Bd. 3, S. 535.
25. Dazu Clark, Christopher: Die Schlafwandler. Wie Europa in den Ersten Weltkrieg zog. München 2013, S. 397ff.
26. KA: Gstb. Op.büro Ktn. 687.
27. Ö.U.L.K., Bd. 1, S. 94.
28. KA: NFA Ktn. 3030, AOK Qu.-Abteilung Feld-eisenbahnwesen 1914, Straub TB, 31. Juli 1914
29. Ratzenhofer Emil: Die ö.-u. Aufmärsche gegen Balkan und Rußland, in: Österreichische Wehrzeitung Nr. 41. Wien 1927.
30. KA. Straub TB, 1. August 1914.
31. Dazu Rauchensteiner, Manfred: Der Erste Weltkrieg, S.171ff.
32. Ratzenhofer, Kriegseisenbahnwesen, 1928, S. 61ff.
33. Dazu Conrad: Dienstzeit, Bd. 4, S. 307: 3.998 hundertachsige Züge, für die 7.130 Lokomotiven und 177.620 Waggons indienstgestellt wurden. Es wurden befördert: 1.204.238 Mann, 158.800 Pferde, 52 844 Fuhrwerke und 165.793 t Güter.
34. Aschauer, Franz: Oberösterreichs Eisenbahnen. Geschichte des Schienenverkehrs im ältesten Eisenbahnland Österreichs, hrsg. vom Amt der OÖ. Landesregierung in Linz. Wels 1964, S. 179
35. Ratzenhofer, Emil: Die österreichisch-ungarischen Aufmärsche. Friedenspläne – Durchführung. In: Schweizerische Monatsschrift für Offiziere alle Waffen. O.O. 1931, S. 16f.
36. Er war u.a. von 1932 bis 1945 Schriftleiter der militärwissenschaftlichen Mitteilungen.
37. Dazu KA: MS/1. Wkg Allg. 98. Pitreich, Max: 1914. Unterlagen zur Beurteilung des damaligen Kriegsbeginnes an der österreichisch-ungarischen Front. Wien 1943, S. 60ff.
38. Abgedruckt in: KA: B/61:11 Nachlass Hubka. Der kritische Monat Juli 1914. Als Vermächtnis des Obersten Maximilian Freiherrn von Pitreich, bearbeitet von Gustav von Hubka, Oberst d.R. Graz 1949, Beilage II.
39. Conrad: AMDZ, Bd. 4, S. 268f.
40. Dazu KA: B/61:11 NL Hubka. Der kritische Monat, S. 45.
41. KA: NL Hubka, Der kritische Monat, S. 49.
42. KA: Manuskriptenreihe Ms/1. Wkg/Allg/103, Kéri, Kálmán: „B“ Eisenbahnaufmarsch 1914 und Probleme der Umleitung nach Norden, S. 74.
43. Dazu Kéri, S. 82: „Wie mussten die Eisenbahner dieser Linie staunen, dass ihre Stationen statt der gepflogenen höchstens viertelstündigen Zugsintervallen sich jetzt ca. jede anderthalb Stunden ein Militärzug schleppend bewegte.“
44. KA: Kéri, S. 17.
45. KA: Kéri, S. 42.
46. Siehe Fußnote 35!
47. KA: Kéri, S. 87.

Urbane Seilbahnen als Verkehrsmittel der Zukunft

Karl-Johann HARTIG

1. Vorbemerkung:

Auf Einladung der OeVG haben sich mehrere Wissenschaftler aus unterschiedlichen Fachgebieten (z.B: Transportwirtschaft, Seilbahntechnik usw.) in einer Arbeitsgruppe in der Zeit von September 2015 bis März 2016 mit der Anwendung von Seilbahnen als urbanes Verkehrsmittel befasst. Der Anlass war das vermehrte Entstehen von urbanen Anlagen in Lateinamerika und zunehmend auftretende Projektideen in Europa. Dieser Artikel liefert eine Zusammenfassung der Ergebnisse dieser Arbeitsgruppe.

Urbane Seilbahnen sollen den Paradigmenwechsel weg vom motorisierten Individualverkehr unterstützen, v.a. wenn geeignete Alternativen und eine entsprechende Trassierung vorhanden sind, sollten diese auch angenommen werden. Die Vorteile einer urbanen Seilbahn zur grundsätzlichen Verbesserung des ÖPNV-Systems (inkl. P&R) sind deutlich feststellbar. Bei der Beurteilung urbaner Seilbahnen muss auch ein fairer Kostenvergleich der Systeme mitsamt deren ökologischen Auswirkungen Platz haben. Dazu müssen Kriterien für die Messung der Vorteilhaftigkeit einer urbanen Seilbahn geschaffen und außer Streit gestellt werden. Die Zielerfüllung dieser Kriterien soll dann projektbezogen bewertet werden.

Einsatzgebiete urbaner Seilbahnen

Entscheidend für den Einsatz ist die Erschließungsfunktion. Beim Thema Verkehrserschließung eines Standortes/Raumes stehen unterschiedliche Interessen einander – oft diametral – gegenüber:

- Volkswirtschaftliches Interesse
- öffentliches Interesse
- Interesse der Betreiber
- Interessen Privater
- Interesse von betroffenen Parteien.

Alle Verkehrsträger sowie auch die urbane Seilbahn haben ihre spezifischen Vorteile für bestimmte Netzanwendungen. Urbane Seilbahnen ermöglichen die Erschließung neuer topografisch schwieriger Standorte (Überwindung von Hindernissen, Höhen etc.) Urbane Seilbahnen lassen sich sehr gut mit P&R-Anlagen kombinieren und können auch zur Schließung von Lücken im ÖV-Netz oder als Zubringer verwendet werden.

Beispiel für die Zubringerfunktion ist der People Mover in Venedig, der die Vaporetto-Station mit dem P&R-Platz verbindet. Die Verknüpfung von P&R-Anlagen mit einer urbanen Seilbahn passt sehr gut zusammen. Werden urbane Seilbahnen zur Aufstockung der Kapazität im ÖV-Netz verwendet, so kann dadurch ein Qualitätssprung erreicht werden. Neben den dargestellten direkten Verbesserungen (Netzerweiterung, Netzteil-Ersatz, Netzergänzung, intermodale Verknüpfung) müssen die Verbesserungen im ÖV-System und die Alltagstauglichkeit nachweisbar sein und den Kunden (Alt- und Neukunden) vermittelt werden.

Da die meisten europäischen Städte ein funktionierendes ÖV-System haben, ist eine Grundbedingung die Integration urbaner Seilbahnen (samt Tarifintegration) in dieses ÖV-System. Dabei ist auf die Verknüpfungspunkte besonderes Augenmerk zu richten. Die nachträgliche Einbindung bzw. Errichtung einer Seilbahn oder der Ersatz bestehender Busse oder Straßenbahnen ist schwieriger als die Einbindung in ein neues Stadtentwicklungsgebiet oder eine Netzerweiterung durch eine neue Infrastruktur. Zumindest in der Schweiz und in Südtirol sind Seilbahnen Bestandteil des ÖV-Netzes und in die Verbünde und in ein einheitliches Ticketing eingebunden. In Deutschland gilt das ebenfalls für diverse Sonderformen (Wuppertaler Schwebbahn etc.) Die Organisationsstruktur des ÖPNV in der jeweiligen Kommune spielt bei der Wahl des Verkehrssystems eine wesentliche Rolle. Da ÖPNV-Systeme meistens mit vorgegebenen Verkehrsträgern und beschränkten Ressourcen konfrontiert sind, haben die Betreiber Interesse an der Minimierung der Anzahl der eingesetzten Verkehrssysteme. Ist der ÖPNV – wie zumeist in Europa – monopolistisch organisiert, sind neue Systeme wie urbane Seilbahnen schwer durchzusetzen. Ist der kommunale ÖPNV im Wettbewerb verschiedener Betreiber, Netzvarianten und Systeme organisiert, können innovative und betriebswirtschaftlich vorteilhafte Systeme wie urbane Seilbahnen leichter zum Zug kommen. Es gibt aber auch Beispiele für rein touristische Nutzungen wie die Hungerburg-Bahn in Innsbruck, die parallel zu einem ins ÖV-Netz integrierten Busverkehr als touristische Bahn außerhalb des Tarifverbundes verkehrt.

2. Betrieb urbaner Seilbahnen

Aus Sicht der Betreiber bestimmen technische und betriebswirtschaftliche Faktoren die Systemwahl im ÖPNV, d.h. die Leistungsfähigkeit eines Verkehrsmittels und die Bau- sowie die Betriebs-

kosten. Die Entscheidungskriterien eines Betreibers sind:

- Siedlungsstruktur
- Zuverlässigkeit und Verfügbarkeit
- Flexibilität
- Sicherheit
- Investitionskosten
- Betriebskosten
- Genehmigungsverfahren
- Energieverbrauch und CO₂ – Emissionen.

a) Zuverlässigkeit und Verfügbarkeit

Seilbahnen sind aus Betreibersicht technisch ausgereifte und bewährte Systeme mit hoher Verfügbarkeit. Die wesentlichsten Eigenschaften sind ein eigener unabhängiger Fahrweg (damit sind sie einer U-Bahn vergleichbar), relativ niedrige Investitionskosten und eine hohe Zuverlässigkeit. Urbane Seilbahnen sind nicht störungsanfällig und haben daher sehr geringe Stillstandszeiten. Wartungen können in kurzen Wartungsfenstern in den Nachtstunden für die täglich/monatlich/jährlich vorgeschriebenen Untersuchungen, Überprüfungen und Wartungen durchgeführt werden. Für das alle 6 Jahre notwendige Versetzen des Tragseils sind längere Betriebsunterbrechungen notwendig. Auch bei Sturm mit Windstärken über 100 km/h (bei 3S-Bahn) bzw. 60 km/h (bei Einseilumlaufbahnen) sind Abschaltungen notwendig. Die Abschaltungen erfolgen immer mit einem ausreichenden Sicherheitspolster, sodass weder Wind noch Wetter (Gewitter) ein Sicherheitskriterium darstellen, sondern nur die Verfügbarkeit beeinflussen können. Für Betriebsstörungen und Betriebsunterbrechungen sind – wie im übrigen öV auch – flexible Ersatzverkehre (Bus) zu organisieren. Dennoch gibt es in dieser Leistungs-kategorie kein zuverlässigeres Verkehrsmittel.

b) Leistungsfähigkeit

Seilbahnen besitzen eine hohe Leistungsfähigkeit wegen des kontinuierlichen Betriebes. Im Vergleich zu schienengebundenen Verkehrsmitteln ist die Leistungsfähigkeit allerdings geringer. Bei der Systemleistungsfähigkeit ist zwischen technischer und maximaler Leistungsfähigkeit zu unterscheiden, wobei die Grenze für das Wohlbefinden der Fahrgäste wohl darunter liegt. Für das Kriterium Leistungsfähigkeit ist der zu erschließende Standort/Raum entscheidend, ob es sich um Randgebiete oder die Kernzone eines Siedlungsgebietes handelt, oder ob es um den Ersatz oder die Aufwertung einer bestehenden Verkehrsachse geht.

c) Flexibilität

Die Flexibilität von kuppelbaren Systemen wird als mittel eingestuft, Kabinen können in Schwachlastzeiten einfach garagiert und wieder zugeführt werden. Wegen der Spurgebundenheit (gerade Linienführung zwischen den Stationen) ist die Flexibilität urbaner Seilbahnen begrenzt. Fix gekuppelte Bahnen haben daher eine niedrige Flexibilität.

d) Sicherheit

Seilbahnen sind ein sehr sicheres Verkehrsmittel, sie haben im Verkehrsträgervergleich einen Spitzenplatz: PKW 2,93; Bus 0,17; Kabinenbahn 0,04 Tote pro Mrd. Personenkm.

Die Stationen können unbemannt betrieben werden, was eine Überwachung mit Videokameras erforderlich macht. Zu prüfen ist, ob „soziale Augen“ in den Zeiten hoher Besetzung genügen und ob zur Erhöhung des Sicherheitsgefühls in Tagesrandzeiten die Videokameras dafür ausreichend sind. Dennoch ist Sicherheit ein emotionales Thema (Kaprun und immer wieder Probleme im Winterbetrieb in der Öffentlichkeit (Sessellifte). Aufklärungsarbeit muss gegenüber Ängsten geleistet werden – bei Einseil-Umlaufbahnen und 3S-Bahnen wird zur Bergung immer in die Station gefahren.

e) Kosten

Seilbahnen sind einfach und kostengünstig zu errichten und im Betrieb mit anderen spurgebundenen Verkehrsträgern vergleichbar. Allerdings sind die Kosten von Zwischenstationen im Vergleich zu Bus oder Straßenbahn mit etwa 10 Mio. EUR (3S-Bahn) sehr hoch.

f) Genehmigungsverfahren

Die Errichtung einer Seilbahn ist rasch und einfach umsetzbar, die Genehmigungsverfahren eingespielt und erprobt. Bei Enteignungen im öffentlichen Interesse unterliegen Seilbahnen dem Eisenbahngesetz und es gelten auch dessen Genehmigungsvoraussetzungen.

3. Stationen

Stationen von Seilbahnen sind Kostentreiber, während der Fahrweg niedrige Kosten aufweist. Die Haltestellenabstände urbaner Seilbahnen können zwischen 300 und 800 m variieren, wobei ein Einzugsbereich für Fußgänger von etwa 500m Radius angenommen wird, was allerdings von Art und Attraktivität des öffentlichen Raums abhängig ist. Die Stationen machen sich relativ groß im Stadtbild bemerkbar, sind aber architektonisch/künstlerisch gestaltbar und können mit Zusatzfunktionen ausgestattet wer-

den (P&R, Einkaufszentrum, Kulturzentrum....) Bei Neubauten können die Stationen in das Gebäude integriert werden, was beim Altbestand schwieriger ist (Statik, Erschütterungen...). Stationen sollten als intermodale Knoten fungieren, jedenfalls sind Busabstellplätze und -haltestellen bei den Stationen vorzusehen, Sharing-Modelle (Car-Sharing, Citybike...) können bei den Stationen konzentriert werden und E-Mobilität ist zu berücksichtigen (Pedelec, E-Autos). Andererseits sind die Stationen Verkehrserreger, wenn sie sinnvollerweise an verkehrsreichen Stellen errichtet werden (z.B.: P&R-Platz).

Bei der Funktion einer urbanen Seilbahn als Zubringer sind die morgendlichen und abendlichen Stoßzeiten zu beachten, d.h. die Seilbahn als kontinuierliches Verkehrsmittel wird mit einem im Takt verkehrenden diskontinuierlichen Bus oder einer Straßenbahn verbunden. Bei der stoßweisen Entleerung der Straßenbahn (des Busses) kann es zu einem Stau und geringfügigen Wartezeiten bei der Seilbahn kommen, umgekehrt kann es zu längeren Wartezeiten beim Umstieg von der Seilbahn auf die Straßenbahn (den Bus) kommen. Auf emotionaler Ebene ist bei Seilbahnen der touristische Winterbetrieb im Gedächtnis verankert, d.h. Warteschlangen. Bei der Verknüpfung mit P&R Anlagen o.ä. kommt der Vorteil des kontinuierlichen Systems voll zum Tragen. Die Passagierströme müssen daher entsprechend geleitet und gelenkt werden, wobei auch die Höhendifferenzen beim Umsteigen zu beachten sind. Die Stationen als Umsteigeknoten müssen jedenfalls die technischen, organisatorischen und ökonomischen Rahmenbedingungen erfüllen. Auch in urbanen Verkehrssystemen minimiert der Fahrgast wegen der möglichen Wartezeiten die Zahl der Umstiege. Diese eher psychologischen Hemmnisse sind zu beachten (Infosysteme etc.). Als Beispiel dafür kann die Wuppertaler Situation herangezogen werden: der Bruch des Verkehrs – die Überleitung auf den Bus – ist problematisch, Umsteigen ist äußerst unbeliebt, d.h. Lösungen, die Umstiege generieren, sind problematisch.

4. Technische Grenzen urbaner Seilbahnen:

Urbane Seilbahnen haben weniger eine Erschließungsfunktion in der Fläche, sondern eher eine Verbindungsfunktion, da sie entweder eine Punkt-Punkt-Verbindung herstellen oder mehrere Orte entlang einer Linie verbinden. Sie tragen daher wenig zur Flächenerschließung und zur Feinverteilung bei (im Gegensatz zum Bus). Zumindest eine Station muss dabei immer in das ÖV-Netz integrierbar sein. Die Grenzen der Trassierung liegen bei vergleichbarer Fahrwegbreite im Unterschied zu Bussen und Straßenbahnen darin, dass die maximale Längsneigung bei urbanen Seilbahnen in Abhängigkeit von der Ka-

binengröße ein Vielfaches der erdgebundenen Verkehrsmittel sein kann, dass aber die Verbindung von Punkt zu Punkt immer nur als Gerade ohne Richtungsänderung technisch möglich ist. Richtungsänderungen sind bei Pendelbahnen überhaupt nicht und bei kuppelbaren Systemen nur in Stationen möglich.

Eine moderne 3S-Bahn hat eine maximale Kapazität von 5000 Personen pro Stunde bei einer maximalen Streckenlänge von 5 km und einer Reisegeschwindigkeit maximal 7,5m/sec. Die reale Reisegeschwindigkeit – nicht die erreichbare Höchstgeschwindigkeit - urbaner Seilbahnen liegt im Bereich von Bussen und Straßenbahnen, allerdings ist die Reisezeit im Vergleich zu einem alternativem Verkehrsmittel (z.B.: Bus auf den Berg) wegen der direkten Verbindung meist wesentlich kürzer.

Bei der Trassierung müssen die Mindestabstände zu Gebäuden(Lichttraumprofile) und zu elektrischen Installationen (EMV, elektromagnetische Störfelder) eingehalten werden.

Bei Gewittern muss der Betrieb eingestellt werden, ebenso bei Windgeschwindigkeiten von 100 km/h (für 3S-Bahn) bzw. 60 km/h (für Einseil-Umlaufbahn), wobei das Fahrerlebnis (v.a. bei kleinen Kabinen) schon bei niedrigeren Windgeschwindigkeiten Ängste erzeugen kann. Die Informationsübertragung zwischen Stationen kann nur im Trageseil erfolgen. Klimatisierung (Heizung und Kühlung) in den Fahrbetriebsmitteln ist nicht wie im Auto möglich, sondern stark abhängig vom Luftdurchsatz und der Stromspeicherung, daher erfolgt in der Regel nur eine Temperaturabsenkung bzw. -anhebung.

5. Kosten

Bei der Beurteilung urbaner Seilbahnen muss ein fairer Kostenvergleich der Systeme mitsamt deren ökologischen Auswirkungen Platz haben. Seilbahnen haben generell niedrige Errichtungskosten des Fahrwegs und niedrige Betriebs- und Erhaltungskosten. Beim wirtschaftlichen Vergleich der unterschiedlichen Verkehrsmittel können verschiedene Kriterien für die Beförderungskapazität verwendet werden:

- Geringstmöglich ökonomisch tragfähige Kapazitätsauslastung pro Verkehrsmittel
- Durchschnittliche Kapazitätsauslastung
- Maximale Kapazitätsauslastung.

Als Beispiel für die wirtschaftlichen Vergleiche diene ein Szenario mit einer fiktiven urbanen Seilbahn in Linz, die von einer P&R-Anlage an der Peripherie in die Innenstadt führt. Für die wirt-

schaftlichen Vergleiche dieses Szenarios wurden Bus, Straßenbahn, U-Bahn und Seilbahn herangezogen, wobei die durchschnittliche Auslastung unter den Linzer Verhältnissen angenommen wurde. Die Beförderungskapazität wird gemäß den Linzer Verhältnissen pro Richtung auf 10.000 – 20.000 Personen/Tag (Sonntag/Feiertag 70%) in der Zeit von 5 -24 Uhr begrenzt. Der Zeitraum der wirtschaftlichen Betrachtung beträgt 30 Jahre, wobei bei der U-Bahn noch ein Restwert anzusetzen ist. Für dieses behandelte Szenario betragen die Investitionskosten für eine urbane Seilbahn (Stationen, Seilbahntechnik) insgesamt knapp 124 Mio. EUR, bei jährlichen Abschreibungen von ca. 7,1 Mio. EUR. Bei automatisiertem Betrieb fallen ca. 1,52 Mio. EUR/Jahr, bei konventionellem Betrieb ca. 2,4 Mio. EUR/Jahr an, sodass die jährlichen Gesamtkosten (inkl. Abschreibung und Finanzierung) für diese urbane Seilbahn zwischen 12,3 Mio. EUR und 13,2 Mio. EUR liegen. Im mitteleuropäischen ÖV gilt als Faustregel, dass eine Straßenbahnlinie ab etwa 4.000 Fahrgästen pro Werktag wirtschaftlicher als eine Buslinie ist. Bei circa 30.000 bis 40.000 Fahrgästen je Tag ist jene Grenze erreicht, bei der ein U-Bahnbetrieb betriebswirtschaftlich sinnvoller ist. Beim Vergleich der verschiedenen Verkehrsmittel am Linzer Beispiel zeigt sich, dass der Bus grundsätzlich das günstigste ist, allerdings bei einer Beförderungskapazität von mehr als 1000 Personen/h an die Grenzen der Realisierbarkeit stößt. Beim Vergleich urbane Seilbahn (3 S-Bahn) – Straßenbahn zeigen sich unter gleichen Verhältnissen ab einer Beförderungskapazität von 2000 Personen/h annähernd gleiche Gesamtkosten, die bei automatisiertem Betrieb der Seilbahn sogar etwas günstiger liegen können. Bei einer Beförderungskapazität von 5000 Personen/h und einer Transportentfernung von mehr als 5 km endet jedoch die technische Realisierbarkeit bei der zum Vergleich herangezogenen 3S-Bahn, während die Beförderungskapazität und die Streckenlänge der Straßenbahn grundsätzlich noch wesentlich darüber hinaus gehen kann. Hinsichtlich der Finanzierung zeigt sich bei allen Vergleichen, dass ein Anteil öffentlicher Finanzierungsbeiträge zu den Betriebskosten des ÖV erforderlich ist. Dieser Anteil liegt im Bereich zwischen 25 und 75%. Ausschließlich nutzerfinanzierte ÖV-Systeme gibt es in Mitteleuropa nicht.

6. Systemvorteile urbaner Seilbahnen

Eine urbane Seilbahn ist absolut barrierefrei, Rollstühle, Fahrräder, Kinderwagen sind problemlos zu befördern. Bei den Umweltauswirkungen geht es um kollektive Beeinträchtigungen, die gegenüber dem öffentlichen Interesse abzuwägen sind. Gerade die Ökologie ist ein massiver Systemvor-

teil urbaner Seilbahnen. Seilbahnen haben einen niedrigen Energieverbrauch und sind lärmarm, solange die Wartung ordnungsgemäß erfolgt. Lärmemissionen der urbanen Seilbahn gehen nur von den Stützen (Geräusch der Rollen) und den Antrieben aus, während eine Straßenbahn oder ein Bus entlang der gesamten Straße Lärm entwickelt. Neue Antriebe (z.B.: Direktantrieb) haben deutlich weniger Lärmemissionen. Bei den Schadstoffemissionen sind Seilbahnen nahezu emissionsfrei, höchstens auf Schmiermittel ist zu achten. Die Seile könnten nachtaktive Vögel beim Flug stören, daher sind die Flughöhe und die Flugwege zu beachten. 60% der Zugvögel ziehen in der Nacht, zu prüfen ist daher welche Arten es betrifft und wann und wo. Durch den Betrieb der Seilbahn könnte auch ein Jagdgebiet unattraktiv werden, weil sich die Tiere gestört fühlen und abwandern.

Die Umweltwirkungen bzw. die Wirkungsbeziehungs-matrix sollte immer mit den Konkurrenz-Verkehrsmitteln Straßenbahn und Bus betrachtet werden. Seilbahnen haben sicher weniger Wirkungsbeziehungen als eine Straße, der Platzbedarf und die Trennwirkung sind im Vergleich zu anderen Verkehrsmitteln relativ gering. Dennoch wird eine gewisse Fläche durch die urbane Seilbahn beansprucht, was insbesondere im städtischen Gebiet nachteilig ist. Es kommt zu Überfahrten über Grundstücke (z.B.: Kleingärten), das „Von-oben-Reinschauen“ in die Grundstücke wird als sehr störend empfunden – damit geht auch eine Entwertung der Grundstücke einher. Zusätzlich kann es zu Störungen durch die Gondelbewegung kommen, beispielsweise durch Schlag-schattenbildung analog zu Flugzeugen.

Urbane Seilbahnen werden selten in Konkurrenz zur Errichtung einer Straße treten, der Landschaftsschutz ist dennoch ein wichtiges Thema, insbesondere die Stützhöhe, die visuelle Wirkung der Stützen auf das Wohnumfeld und siedlungsnahen Flächen und der Flächenbedarf für die erforderliche Gründung der Stützen. Das Design der Stützen ist daher wichtig. Da die Seilbahn unabhängig vom Verkehr am Boden fährt, ist der Raum unterhalb der Seilbahn (öffentlich) nutzbar.

Bei Beurteilung der Systemvorteile müssen auch psychologische, soziale und politische Aspekte beachtet werden. Die physischen und psychischen Einstiegshürden sollten möglichst gering sein. Spielt das Thema Höhenangst eine Rolle? In welchen Fällen sieht der Kunde die urbane Seilbahn als Verbesserung? Hier stehen Zahlen, Daten und Fakten dem „Bauchgefühl“ des Kunden gegenüber. Ein gemeinsames Verständnis muss erreicht werden. Urbane Seilbahnen erleichtern die Raumüberwindung, ermöglichen

eine Erschließung außerhalb des MIV und bieten ein Fahrerlebnis. Dabei sind Referenzen für die Imagebildung notwendig (Anschauungsunterricht für Entscheidungsträger) – Visionen überzeugen Entscheidungsträger nicht. Hinderlich ist die Angst der Entscheidungsträger vor „neuen Verkehrslösungen“, vor falschen Entscheidungen, daher wird auf Bewährtes gesetzt. Schließlich gibt es auch indirekte Systemvorteile durch urbane Seilbahnen: z.B.: Zukunftsorientierung durch ein innovatives Verkehrssystem, Imagegewinn und Baustein einer postfossilen Mobilität.

Urbane Seilbahnen und Stadtgestaltung:

Urbane Seilbahnen können eher in neue Stadtgebiete eingebaut werden und sind bei alter Bebauung schwerer umsetzbar. Urbane Seilbahnen können erforderliche Stadtverdichtung ermöglichen (unter Beachtung technologischer und soziologischer Aspekte). Bei der Verkehrserschließung sind immer das gesamte Stadtviertel und die Verkehrsbeziehungen in diesem zu betrachten. Zuerst muss das Verkehrsbedürfnis erhoben werden: Wie kann das Verkehrsbedürfnis am besten abgedeckt werden? Dann sollten die potentiellen öffentlichen Verkehrsmittel Bus, Straßenbahn, U-Bahn, S-Bahn und urbane Seilbahn gleichermaßen fair und neutral betrachtet werden, wobei der MIV nicht unterstützt werden sollte. Zudem beeinflusst die Verkehrsmittelwahl wiederum die städtische Infrastruktur, strukturelle Wirkungen auf Quartierebene und auf Stadtebene sind zu beachten. Denkmalschutz, Sichtachsen, Ortsbildschutz (Fern- und Nahwirkung) und Naturschutz bzw. Schutz von Erholungsgebieten sind oftmals unüberwindbar scheinende Hindernisse. Gerade das Smart-City Konzept könnte urbane Seilbahnen fördern, weil sie als inhärenter Bestandteil von Smart-City-Konzepten denkbar sind. Derzeit sind unter „Smart City“ allerdings nur IT-Lösungen angedacht. Wegen fehlendem Wissen und Verständnis wird urbanen Seilbahnen nicht der gerechte Stellenwert eingeräumt und andere öfters weniger geeignete Lösungen bevorzugt. Die Einbindung von urbanen Seilbahnen in ein Smart City Konzept (Smart Kits) wird dringend empfohlen.

7. Beispiele

In den Workshops wurden zwei virtuelle Beispiele aus Linz näher betrachtet. Beispiel A stellt eine Verbindung mit mehreren Stationen über die Donau zwischen einem P&R-Platz in Dornach bis zum Werksgelände der Chemie Linz her, Beispiel B eine Verbindung mit mehreren Stationen vom Hauptbahnhof zum Werksgelände der VOEST. Die Vor- und Nachteile der einzelnen Beispiele und eine wirtschaftliche Bewertung der konkurrierenden Verkehrsträger wurden eingehend diskutiert.

Darüber hinaus wurden auch andere Beispiele für die Diskussion in den Workshops herangezogen:

Koblenz: Rheinquerung anstelle einer Brücke, ursprünglich nur für die Gartenschau geplant, Konzession bis 2026 verlängert – mögliches Stadtentwicklungsgebiet könnte angeschlossen werden

La Paz: Schnelle Punkt-Punkt-Verbindung von den unteren in die höhergelegenen Stadtgebiete als Ergänzung zum Bus (Zeitersparnis >30min), 3 Bahnen bereits in Betrieb, weitere 6 geplant.

Hamburg: vollständige Umweltverträglichkeitserklärung, scheiterte am Widerstand der Bürger der Hafencity.

Wuppertal: 3S-Anlage zur Anbindung der Universität und eines Schulzentrums wurde in einem Bürgerverfahren geprüft und steht nun zur Entscheidung an.

APM Wien: als hochrangige Verkehrsanbindung an die U1 anstelle der S-Bahnstation „Wien Quartier Belvedere“, eine Feasibility- und Trassenstudie wurde erstellt, scheiterte an Kosten, Systemfrage (4. Verkehrsmittel der Wr. Linien) und zu überwindenden Höhen beim Umsteigen.

Teilnehmer des Workshops:

o.Univ.-Prof. DI Dr. Lothar Fickert, Institut für Elektrische Anlagen, TU Graz, ab dem 2. Workshop vertreten durch: Frau Dr. Elisabeth Hufnagl

o.Univ.-Prof. Dr. Sebastian Kummer, Institut für Transportwirtschaft und Logistik, WU Wien

o.Univ.-Prof. DI Dr. Norbert Ostermann, Institut für Eisenbahnwesen, TU Wien

o.Univ.-Prof. Dr.-Ing. Ulrike Reutter, Institut für Öffentliche Verkehrssysteme und Mobilitätsmanagement, Univ. Wuppertal

o.Univ.-Prof. Dr. Kai Tobias, FB Raum- und Umweltplanung, TU Kaiserslautern

DI Dr. Johannes Fiedler, Doppelmayr, Urban Solutions

Günter Troy, Doppelmayr Verkaufsleiter Österreich/Deutschland

Dr. Karl-Johann Hartig, ÖVG

o.Univ.-Prof. DI Dr. Maria Schneider, Institut für Städtebau und Raumplanung, Univ. Innsbruck

ao.Univ.-Prof. DI Dr. Ernst Schmautzer, Institut für Elektrische Anlagen, TU Graz

Prok. Dr. Michael Bitterl, Doppelmayr, Dir. für CEE.

Mögliche Umweltwirkungen Urbaner Seilbahnen

Kai TOBIAS

1. Einleitung

Die möglichen Umweltwirkungen, die infolge des Baus und Betriebs von Urbanen Seilbahnen entstehen können, lassen sich grundsätzlich in

- baubedingte Umweltwirkungen
- anlagenbedingte Umweltwirkungen und
- betriebsbedingte Umweltwirkungen

unterscheiden. Sie sollten in Bezug auf die folgenden Schutzgüter betrachtet werden:

- Boden, Wasser, Luft und Klima
- Tiere / Pflanzen einschließlich der biologischen Vielfalt
- Bevölkerung, einschließlich der menschlichen Gesundheit
- Vielfalt, Eigenart und Schönheit von Natur und Landschaft.

Die ebenfalls geforderte Betrachtung der Umweltwirkungen auf die Landschaft und die Wechselwirkungen zwischen den genannten Schutzgütern erfolgt zunächst nicht, da sie redundant sind und im allgemeinen keine zusätzlichen Ergebnisse zu Tage fördern, allenfalls Wiederholungen notwendig machen. Als anlagen- und betriebsbedingte Wirkpfade können unterschieden werden:

- dauerhafte Flächeninanspruchnahme für Gebäude und Stützen
- Raumbedarf für die zu errichtenden Leitungen (Zerschneidungen)
- Maßnahmen unterhalb der Seile (Entfernung höher gewachsener Vegetation und damit auch Lebensraumverlust der dort lebenden Tiere)
- Schallemissionen
- Beeinträchtigung der urbanen Landschaftsbilder.

Zusätzliche baubedingte Umweltauswirkungen auf die verschiedenen Schutzgüter sind temporäre Flächeninanspruchnahmen (zur Gewährleistung der Zuwegung zu den Baustellen, der Errichtung von Gebäuden und Stützen, für den Seilzug, für Maschinen und die Lagerung von Baumaterialien) mit entsprechenden Wirkungen auf den

- Boden (temporärer Verlust oder Beeinträchtigung von Böden und Bodenfunktionen)
- den Wasserhaushalt (temporäre Veränderung des Grundwassers und / oder
- der Oberflächengewässer)
- Tiere und Pflanzen (temporärer Verlust oder Beeinträchtigung von Vegetationsflächen und Habitaten) sowie
- Kultur- und Sachgüter (temporärer Verlust oder Beeinträchtigung von Bodendenkmalen und archäologischen Fundstellen).

Als weitere mögliche baubedingte Wirkfaktoren können benannt werden:

- Erschütterungen
- Bauverkehr (Verdichtung, Verkehrslärm, Zerschneidungseffekte, Schadstoffemissionen)
- Baulärm
- Ablagerung von Abraum.

Alle Umweltauswirkungen auf die unterschiedlichen Schutzgüter und die einzelnen Wirkpfade sind den individuellen Bedingungen eines konkreten Projektes entsprechend zu erarbeiten und zwischen verschiedenen Städten zwar grundsätzlich ähnlichen Charakters aber wenig vergleichbar. Im Vergleich mit alternativen Systemlösungen des Öffentlichen Personennahverkehrs (Straßenbahn, U-Bahn, Zug oder Bus) sind vor allem die anlagen- und betriebsbedingten Wirkungen als gering bis sehr gering einzustufen. Die baubedingten Auswirkungen sind bezüglich der benötigten Flächen sehr ähnlich. Eine Zusammenfassung der verschiedenen Umweltwirkungen enthält Tabelle 1.

	Bau	Anlage	Betrieb
Mensch	x	x	xx
Flora & Fauna	xxx	xxx	x
Boden	xx	xxx (lokal)	
Wasser	x	x	
Klima/Luft	xx	x	
Orts-/Landschaftsbild	x	xxx	x
Kultur-/Sachgüter	xx	xxx (lokal)	

xxx potenziell erhebliche, xx erwartbare, x erwartbare geringfügige Auswirkungen

Tabelle 1: Bau-, Anlagen- und betriebsbedingte Umweltwirkungen¹

2. Anlagen- und betriebsbedingte Umweltwirkungen auf Vögel

Mögliche Auswirkungen der erforderlichen Seile für den Transport der Gondeln auf die Tiergruppe Vögel, das ästhetische Empfinden des Menschen und auf Kultur- und Sachgüter sind einer detaillierteren Betrachtung zu unterziehen. Für Fledermäuse bestehen nur geringe Anfluggefahren, da sie mittels Ultraschall und Echoortung die Seile gut wahrnehmen können. Über das Risiko des Anflugs nachtaktiver Insekten können derzeit keine Aussagen getroffen werden. Es ist jedoch zu vermuten.

Bei der Tierklasse der Vögel muss zwischen Stand- und Zugvögeln sowie Aktivitäten am Tage und während der Nacht unterschieden werden. Die Wanderungen von Zugvögeln finden überwiegend nachts statt, so dass grundsätzlich ein Anflugrisiko

besteht. Allerdings bewegen sich die Höhen der Zugbewegungen zwischen 300 und 1.000 m² oberhalb der Erdoberfläche, so dass ein Anflugrisiko weitgehend ausgeschlossen werden kann.

Städte sind der Lebensraum sehr vieler verschiedener Brutvogelarten. In München konnten 110 und in Berlin sogar 150 verschiedene Arten nachgewiesen werden. Sie brüten an unseren Häusern, in den Parkanlagen und Privatgärten. Die meisten Brutvogelarten sind tagaktiv und verfügen über einen ausgezeichneten Sehsinn. Dennoch besteht auch bei ihnen ein gewisses Risiko des Seilanfluges, das mit der Größe der Art korreliert ist. Großvogelarten ab Entengröße sind stärker gefährdet.¹⁺³

Noch problematischer ist die Situation bei den nachtaktiven Vogelarten und bei Nebelagen einzustufen, bei denen ein hohes Risiko des Seilanfluges mit entsprechenden Verletzungsmöglichkeiten (auch mit Todesfolge) besteht⁴. Wenn möglich, sollten bei der Errichtung von Seilbahnen deshalb Mindestabstände zu Parkanlagen und privaten Gärten eingehalten werden. Wenn diese Forderung z.B. topographiebedingt nicht umsetzbar sein sollte, müssten im Vorfeld der Errichtung von Seilbahnen entsprechende Arterfassungen und Risikoabschätzungen durchgeführt werden. Des Weiteren sollte geprüft werden, ob es Möglichkeiten gibt, die Seile bei Nacht sichtbar zu machen. Bei Nebel dürfte diese Maßnahme allerdings wenig effektiv sein.¹

Mit den Auswirkungen des Lärms auf die Vogelwelt befassen sich Reck et al. (2001)⁵. Sie können als

- physiologische Schäden (Ohrverletzungen nach lauten Knalls)
- Maskierung von Informationen (Revieregesang oder das Hören von Feinden und Beute ist eingeschränkt) oder
- Übermittlung von Informationen, die negative Reaktionsmuster auslösen (Schallereignisse werden mit Gefährdungen assoziiert und bewirken Fluchtverhalten)

auftreten.

Durch Auswertung der vorhandenen Literatur schlägt der Autor folgende Werte zur Beurteilung des Lebensraumverlusts bei Vögeln infolge von lärmbedingten Eingriffen vor (Tabelle 2)

Dauerschallpegel	Lebensraumverlust
> 90 dB(A)	100%
90 bis 70 dB(A)	85% (ca. 70 bis 100%)
70 bis 59 dB(A)	55% (ca. 40 bis 70%)
59 bis 54 dB(A)	40% (ca. 30 bis 50%)
54 bis 47 dB(A)	5% (ca. 10 bis 40%)

Tabelle 2: Auswirkungen von Lärm auf die Vogelwelt (Reck et al. 2001)⁵.

3. Anlagen- und betriebsbedingte Umweltwirkungen auf den Menschen und die menschliche Gesundheit

Bezüglich der Umweltwirkungen von Seilbahnen auf das Schutzgut Mensch sind einerseits Lärmemissionen, Licht-/Schatteneffekte und Beeinträchtigungen von Landschaftsbildqualitäten zu betrachten. Bei allen menschlichen Tätigkeiten, die Lärmemissionen und Erschütterungen erzeugen entsteht auch Infraschall. Dadurch hervorgerufene negative Auswirkungen auf die menschliche Gesundheit sind deshalb lediglich in der Bauphase zu erwarten (Wolf et al. 2016)¹.

Um negative Lärmauswirkungen auf die Gesundheit des Menschen durch die Anlage und den Betrieb einer Seilbahn weitgehend ausschließen zu können, sollten die Immissionsrichtwerte der TA Lärm eingehalten werden (siehe Tabelle 2).⁶ Für dort nicht extra aufgeführte Parkanlagen und andere Freiräume sollten dabei die Werte für Kurgebiete, Krankenhäuser und Pflegeanstalten entsprechend Anwendung

finden. Dies würde auch sicherstellen, dass negative Auswirkungen des Lärms auf Vögel ebenfalls weitgehend ausgeschlossen werden können (s.o.)

	Immissionsrichtwert tags (6:00 bis 22:00 Uhr)	Immissionsrichtwert nachts (22:00 bis 6:00 Uhr)
Industriegebiete	70 dB(A)	70 dB(A)
Gewerbegebiete	65 dB(A)	50 dB(A)
Kern-, Dorf- und Mischgebiete	60 dB(A)	45 dB(A)
Allgemeine Wohngebiete	55 dB(A)	40 dB(A)
Reine Wohngebiete	50 dB(A)	35 dB(A)
Kurgebiete, Krankenhäuser und Pflegeanstalten	45 dB(A)	35 dB(A)

Tabelle 3: Immissionsrichtwerte nach TA Lärm

Störende und beeinträchtigende Licht- und Schatteneffekte können an Sonnenscheintagen sowohl in Freiräumen als auch privaten Gärten auftreten. Aufgrund der Wanderung der Sonne von Ost nach West sind diese Auswirkungen für die jeweils betroffenen eher von kurzer Dauer und durch technische Maßnahmen nicht kompensierbar.

Beeinträchtigungen von Landschaftsbildqualitäten ergeben sich infolge der speziellen Konstruktion von Seilbahnen durch die neu zu errichtenden Gebäuden, das Seil, die Stützen und die sich bewegenden Gondeln. Verlaufen Seilbahnstrecken über Privatgrundstücke mit Einfamilienhäusern und Gärten fühlen sich viele Bewohner in ihrer Privatsphäre beeinträchtigt. Deshalb sollten derartige Gebiete möglichst gemieden werden. Ansonsten ist auch mit erheblichen Widerständen der Betroffenen zu rechnen, wie sie bei Seilbahnplanungen in Hamburg oder Wuppertal aufgetreten sind.

4. Anlagen- und betriebsbedingte Umweltwirkungen auf Kultur- und Sachgüter

Die Beeinträchtigung von Kultur- und Sachgütern ergeben sich ähnlich derjenigen auf Landschaftsbildqualitäten. Gebiet, in denen sich derartige Schutzgüter befinden sollten möglichst gemieden werden. Wenn es sich aufgrund der räumlichen Gegebenheiten oder der technischen Notwendigkeiten nicht vermeiden lässt, sollte zur Minderung möglicher negativer Auswirkungen hochwertiges

Design der baulichen Anlagen und der Gondeln der Kompensation dienen. Diesbezüglich sollte überlegt werden, inwiefern auch Wettbewerbe für die Architektur der neu zu errichtenden Gebäude und der Stützen sowie das Design der Gondeln durchgeführt werden können. Dadurch erhöhen sich zwar die Kosten, aber in den meisten Fällen auch die Akzeptanz seitens der Bewohner einer Stadt, wenn sie voller Stolz darauf verweisen können,

dass ihre Seilbahn so nur für ihre Stadt entworfen wurde und deshalb weltweit einmalig ist.

Literatur- und Quellenverzeichnis:

1. Wolf, A., Kempf, B., Wilhelm, J. Daude, N & Weber, T. (2016) Urban Cable Cars – Potenzielle Umweltauswirkungen urbaner Seilbahnsysteme am Beispiel der Stadt Konstanz. Masterprojekt an der TU Kaiserslautern.
2. http://www.t-online.de/lifestyle/tiere/id_20713182/zugvoegel-rekorde-der-zugvoegel-voegel-fliegen-beeindruckende-strecken.html; http://stukplus.com/wp-content/uploads/fachgutachten/03_Fachgutachten_Zugv%C3%B6gel_Basisaufnahme.pdf
3. <https://www.yumpu.com/de/document/view/7550644/vogelschutz-an-freileitungen>
4. ebenda
5. Reck, H. (Bearb.) (2001). Lärm und Landschaft. Referate der Tagung „Auswirkungen von Lärm und Planungsinstrumenten des Naturschutzes“ in Schloss Salzau bei Kiel am 2. und 3. März 2000 bearbeitet von Heinrich Reck. Angewandte Landschaftsökologie, Heft 44. Bonn: Bundesamt für Naturschutz.
6. https://de.wikipedia.org/wiki/Technische_Anleitung_zum_Schutz_gegen_L%C3%A4rm

Urbane Seilbahnen – Anforderungen aus Nutzer-Perspektive

Ulrike REUTTER

1. Vorbemerkung: Im Fokus steht die Integration in bestehende urbane ÖPNV-Systeme

Seilbahnen als integrierter Bestandteil öffentlicher Verkehrssysteme im urbanen Raum sind in Europa noch weitgehend unbekannt. Unbestritten ist ihr Einsatzfeld im alpinen und touristischen Umfeld, wo sie komfortabel und in kurzer Zeit sehr große Höhen zu überwinden helfen. Ihr Einsatz vor allem in Skigebieten erfordert aus Sicht der Nutzer eine Planung, die optimal verschiedene Punkte unterschiedlicher Höhenmeter miteinander verbindet, um Skiabfahrten zu ermöglichen und um Hotels und Restaurationsbetriebe zu erreichen und zu beliefern.

Ganz anders ist die Situation im urbanen Raum der europäischen Stadt, die in der Regel über bestehende ÖPNV-Systeme verfügt. Diese sind über viele Jahrzehnte gewachsen, sie unterliegen kurz- und langfristigen Veränderungen, die sich an gesellschaftliche, technische, finanzielle und politische Rahmenbedingungen anpassen. Dabei gibt es in den Städten große Unterschiede in der Qualität des Öffentlichen Verkehrs, je nachdem, wie offensiv und proaktiv eine an Nachhaltigkeitszielen orientierte integrierte Stadt- und Verkehrsplanung betrieben wird.

Bestehende klassische städtische ÖPNV-Systeme sind in der Regel bodengebunden, werden als Busse oder Straßenbahnen auf öffentlichen Straßen geführt oder als Stadt-, U- oder S-Bahnen mit eigenen Gleiskörpern und Trassen ober- oder unterirdisch, zum Teil auch aufgeständert als Hochbahnen betrieben. Ergänzt werden sie durch flexible Bedienformen, Car-Sharing-Angebote, Fahrradverleihsysteme und Taxen. Im Idealfall bilden die verschiedenen Systeme entsprechend ihrer Kapazitäten, ihrer Geschwindigkeiten, ihrer Verbindungs- und Erschließungsfunktionen ein hierarchisch aufeinander abgestimmtes engmaschiges Gesamtsystem, das den Kunden an entsprechenden Verknüpfungs- und Mobilpunkten in der Stadt einen komfortablen Übergang von einem in ein anderes System ermöglicht.

Urbane Seilbahnen – als sogenannte Stetigförderer im Umlaufbetrieb – sind in diesem öffentlichen Verkehrssystem nun ein „Neuling“, der sich sinnvoll in das ÖPNV-Gesamtsystem einer Stadt integrieren sollte, um hier seine spezifischen Vorteile für die Nutzerinnen und Nutzer des Öffentlichen Verkehrs zur Geltung zu bringen. Aus Nutzer-

perspektive stellt sich also die Frage, wie diese Integration des „Neulings Seilbahn“ als Teil des ÖPNV in bestehenden ÖPNV-Systemen aussehen sollte und welche Anforderungen an diese Integration gestellt werden müssen.

2. Grundsätzliche Anforderung aus Kundensicht: Die Seilbahn muss die ÖPNV-Situation einer Stadt verbessern

Eine urbane Seilbahn sollte die ÖPNV-Situation in einer Stadt unmittelbar verbessern – und diese Verbesserung muss nachweisbar sein und vermittelt werden. So selbstverständlich dieser Satz auch klingen mag, so entscheidend ist er für die politische Realisierbarkeit eines Seilbahn-Projektes. Zur Beurteilung von Verbesserungen sollten sowohl die Situation von heutigen Kunden des ÖPNV als auch von potenziellen Neukunden einbezogen werden. Aus Kundensicht geht es dabei um erleichterte Raumüberwindung, verkürzte Reisezeiten und kurze Wartezeiten, hohe Leistungsfähigkeit, sichergestellte und verbesserte Erreichbarkeiten potenzieller Ziele, aber auch um die gute Erreichbarkeit der Seilbahn-Stationen selbst. Zusammengefasst geht es um Komfortvorteile auf verschiedenen Ebenen.

Erfordert die Integration einer Seilbahn Veränderungen, ggf. im Einzelfall auch Verschlechterungen, im bestehenden Angebot des ÖPNV-Systems, beispielsweise durch Anpassungen oder Neukonzeption von Linien, Betriebszeiten oder Taktgestaltung, so müssen die Folgen solcher Anpassungen für die Nutzerinnen und Nutzer der bestehenden Systeme mit in die Bewertung und Abwägung der potenziellen Vorteile durch die Seilbahn einbezogen werden.

Neben diesen rationalen Vorteilen sprechen Seilbahnen auch emotionale Aspekte und Vorteile für die Kundinnen und Kunden an, die häufig genug im öffentlichen Verkehr viel zu gering gewürdigt werden. Das Schweben über einer Stadt als besonderes Fahrerlebnis, die damit verbundene Aussicht, die Nutzung eines modernen zukunftsorientierten umweltfreundlichen Verkehrsmittels, der eigene Beitrag zur Energiewende und zur postfossilen Mobilität, der Imagegewinn, den eine Seilbahn auf eine gesamte Stadt oder Region ausüben kann, sind Aspekte, die insgesamt positiv für den ÖPNV sind und als solche kommuniziert werden sollten. Nur wenn in einer systemaren Gesamtbetrachtung aus Kundensicht

das Verkehrssystem „mit Seilbahn“ besser abschneidet als „ohne Seilbahn“, ist eine Realisierung sinnvoll.

3. Einsatzbereiche urbaner Seilbahnen: Ergänzung und Erweiterung bestehender ÖPNV-Systeme

Urbane Seilbahnen verbinden in direkter Luftlinie zwei oder mehrere Orte in einer Stadt und stellen eine klassische Punkt-zu-Punkt-Verbindung zwischen bedeutenden Verkehrserzeugern dar. Die Räume zwischen den Stationen werden bis auf den unmittelbaren Einzugsbereich im Umkreis um die Stationen durch die Seilbahn kaum erschlossen; diese flächenhafte Erschließungsfunktion müssen ergänzend andere ÖV-Angebote im Gesamtsystem übernehmen.

Die zu verbindenden Orte können sowohl zentral gelegen sein, z.B. ein Stadtzentrum, als auch dezentral, z.B. ein Arbeitsplatzschwerpunkt am Rande einer Stadt. Die Stationen können an Bahnhöfen liegen, wo regelmäßig und zeitgleich eine große Zahl an ÖV-Kunden aus weiter entfernten Orten ankommt und zum Teil mit dem ÖPNV weiterfahren muss, als auch an den Zielorten dieser Kunden, wie z.B. Arbeitsplatzstandorte, Ausbildungsstätten oder Freizeit- und Kulturorte.

Urbane Seilbahnen können somit sowohl eigenständige Verkehrsmittel sein als auch Zubringer zu anderen ÖPNV-Netzen oder in Kombination beides¹. Seilbahnen sollten zumindest an einer Station in den übrigen ÖPNV integriert werden, um nicht selbst zum Verkehrsmagneten für den Autoverkehr zu werden.

Urbane Seilbahnen als Teil eines integrierten urbanen ÖPNV-Systems bieten sich demnach insbesondere dann an², wenn

- bedeutende Verkehrsbeziehungen zwischen zwei oder mehr Orten bestehen, die heute aber aus verschiedenen, z.B. topographischen oder städtebaulichen Gründen nicht oder nur schlecht mit dem ÖPNV erschlossen und erschließbar sind: Eine urbane Seilbahn ermöglicht so den Anschluss an den ÖPNV
- die Kapazität einer Straßenverbindung nicht mehr ausreicht und nicht erweitert werden kann oder aus städtebaulichen und ökologischen Gründen nicht mehr erweitert werden soll: Eine urbane Seilbahn ermöglicht hier den Modal Shift vom motorisierten Individualverkehr zum öffentlichen Verkehr
- die Kapazitäten eines bestehenden ÖPNV-Systems (z. B. Bus oder Straßenbahn) mit sowohl hoher Punkt-zu-Punkt-Nachfrage zwischen

großen Verkehrserzeugern, also auch mit hoher Erschließungsfunktion z. B. für ein Wohngebiet nicht mehr ausreichen, nicht erweitert werden können und der Systemsprung auf das nächst leistungsfähigere ÖV-System nicht machbar ist. Gründe hierfür können sein: Topografie und Trassierungshindernisse, fehlender Platz/Fläche, Investitions- und Betriebskosten; fehlender politischer Wille. Eine urbane Seilbahn trägt zur Entflechtung von stark nachgefragten Punkt-zu-Punkt-Verkehren und gleichzeitigen Flächenverkehren bei und ermöglicht so die Systemverbesserung im ÖPNV bei gleichzeitiger Entspannung überlasteter Systeme

- bestehende sehr stark verkehrserzeugende Orte und punktuelle Einrichtungen, wie z. B. Arbeitsplatzschwerpunkte, Ausbildungsorte oder Freizeitorte ohne adäquaten Schienenanschluss nachträglich an einen leistungsfähigen ÖPNV angeschlossen werden sollen: Eine urbane Seilbahn ermöglicht in diesem Fall die Systemergänzung im ÖPNV
- große Steigungen in z. T. engen Straßenräumen zu überwinden sind, die weder umweltfreundlich mit Straßenbahnen noch effizient mit Elektrobussen, sondern nur mit Dieselnissen bedient werden können. Urbane Seilbahnen verbessern die Umweltbilanzen des ÖPNV.

Aus Nutzerperspektive ergeben sich aus all den genannten Anwendungsfällen vor allem Anforderungen hinsichtlich der intermodalen Verknüpfung und Integration.

4. Tarife und Preise: Nur eine Tarifintegration macht eine Seilbahn zu einem Alltagsverkehrsmittel

Eine urbane Seilbahn sollte ohne Aufpreis in die bestehenden ÖPNV-Tarife der Stadt oder eines Verkehrsverbundes integriert werden, um von den Kunden und Kundinnen als Alltagsverkehrsmittel ohne Einstiegshürden wahrgenommen und benutzt zu werden. Auch für Touristen, die ausschließlich die Seilbahn als Ausflugs-Attraktion besuchen möchten, wird durch die Tarifintegration die Anreise per ÖPNV attraktiv und das Risiko, zusätzlichen Autoverkehr zu erzeugen, wird verringert. Ein Aufpreis für die Seilbahnnutzung wäre in jedem Fall ein Umsteigehemmnis und kontraproduktiv zu einer an Nachhaltigkeitszielen orientierten Verkehrsentwicklung.

5. Reisezeiten: Die Anschlusssicherheit zwischen Bus/Tram/S-Bahn und Seilbahn gewährleisten

Die Gesamt-Reisezeiten im Öffentlichen Verkehr setzen sich aus der Summe aller Fahrzeiten, aller

Wartezeiten und der Fußwegezeiten zusammen. Um insgesamt Reisezeit-Vorteile im System ÖV zu erreichen, müssen nicht nur die einzelnen Verkehrsmittel ihre Fahrzeiten optimieren, sondern müssen auch die Zeitverluste beim Umstieg minimiert werden. Da die Fahrzeit bzw. die Geschwindigkeit bei einer Seilbahn unbeeinträchtigt und unabhängig von anderen Verkehrsmitteln ist, liegt der sensible Punkt im Umstieg zwischen den Verkehrsmitteln und in der Anschlusssicherheit. Hierbei müssen zwei Fälle unterschieden werden: der Umstieg in die Seilbahn und der Umstieg aus der Seilbahn:

1. Umstieg in die Seilbahn: hierbei entstehen bei Seilbahnen als Stetigförderer nach dem Paternoster-Prinzip³ wenig Zeitverluste, da die Seilbahn kontinuierlich fährt und keinen Fahrplan, sondern nur festgelegte Betriebszeiten benötigt.

Zeitverluste können durch den Fußweg zwischen den Haltestellen entstehen sowie durch die Wege, die in der Seilbahnstation zurückgelegt werden müssen. Sollte der Einstieg in die Kabinen nicht auf der Ebene Null und damit auf den Niveau der Straße möglich sein, sondern stattdessen auf die Ebene +1 gelegt werden, so ist dieser Zugang durch Aufzüge barrierefrei zu gestalten. Auch z. B. Rolltreppen – ebenfalls als Stetigförderer – erleichtern die Überwindung des Höhenunterschieds für nicht mobilitätseingeschränkte Nutzerinnen und Nutzer.

Sollte sich bei hoher Nachfrage ggf. Wartezeit vor dem Einstieg in die Seilbahn aufbauen, so wird diese Wartezeit relativ schnell wieder abgebaut: Wenn zum Beispiel aus einem Zug 350 Personen gleichzeitig aussteigen und alle mit der Seilbahn weiterfahren wollten, so ergäbe sich bei einem Fassungsvermögen von 35 Personen pro Kabine und einem bestmöglichen 30-Sekunden-Takt eine maximale Wartezeit von 5 Minuten, bis alle 350 Menschen in die Seilbahn eingestiegen wären. Entsprechend sollte der Wartebereich an der Seilbahnhaltestelle ansprechend, d.h. trocken und witterungsgeschützt, beleuchtet, mit Sitzgelegenheiten, insgesamt attraktiv und nutzerorientiert gestaltet werden.

2. Beim Umstieg aus der Seilbahn in ein Anschlussverkehrsmittel können je nach Takt der Anschlussverkehrsmittel größere Zeitverluste durch den Umstieg entstehen. Die sogenannte „mittlere Wartezeit“ am Anschlussverkehrsmittel beträgt zwar „nur“ den halben Takt des Anschlussverkehrsmittels – also bei einem 30-Minuten-Takt eines Anschlussbusses beträgt die durchschnittliche Wartezeit für alle wartenden Personen 15 Minuten – je nach

Ankunft des Anschlussverkehrsmittels können aber real für den einzelnen Kunden lange Wartezeiten – in dem genannten Beispiel von maximal 29 Minuten – entstehen. Vor allem zu Tagesrandzeiten oder am Wochenende, wenn die Takte im ÖPNV generell ausgedünnt sind, kann es so zu unangenehm langen Wartezeiten beim Umstieg kommen.

In diesem Fall können neben einer abgestimmten Betriebsplanung der beiden ÖV-Systeme, dynamische Fahrgast-Informationen (DFI) mit Echtzeit-Anzeigen an den einzelnen Stationen einer urbanen Seilbahn über die Abfahrzeiten der Anschlussverkehrsmittel an den Umsteigehaltestellen informieren. Zum Beispiel könnte mit einem „Ampelsystem“ angezeigt werden, ob der Anschluss nach der Fahrt mit der Seilbahn voraussichtlich noch erreicht wird oder nicht: „grün“ signalisiert, dass der Anschluss sicher erreicht wird; „gelb“ gibt an, dass der Anschluss nur gegebenenfalls erreicht wird, und „rot“ signalisiert, der Anschluss wird nicht mehr erreicht. Im letzten Fall können die Kunden dann entscheiden, ob sie die Seilbahn bereits nutzen möchten und an der Zielhaltestelle auf den Umstieg warten wollen oder ob sie die Zeit bis zur Abfahrt des nächsten Anschlusses anderweitig verbringen möchten.

In jedem Fall sollten die Stationen städtebaulich und kundenorientiert ansprechende geschützte Wartebereiche an den Umsteigestationen zu anderen ÖPNV-Systemen aufweisen.

Aus Marketinggründen könnte darüber hinaus an jeder Seilbahn-Station darüber informiert werden, wie lange man z.B. für dieselbe Strecke mit einem alternativen Verkehrsmittel wie beispielsweise dem Privatauto oder dem Bus unterwegs wäre; ebenso könnten Kennwerte zur Umweltentlastung (CO₂, Stickoxide, Lärm etc.) durch die Nutzung der Seilbahn auf gut sichtbaren Displays veröffentlicht werden.

6. Optimierung von Umsteigebedingungen: Barrierefrei – trocken – geschützt – komfortabel

Umsteigenotwendigkeiten im öffentlichen Verkehr von einem in ein anderes ÖV-Verkehrsmittel sind grundsätzlich sehr sorgfältig zu planen, führen gebrochene Wegeketten mit unkomfortablen Bedingungen und langen Wartezeiten bei wahlfreien Kunden doch häufig zu grundsätzlichen Entscheidungen gegen den Öffentlichen Verkehr und stattdessen für den privaten Pkw. Aus diesem Grund müssen an die Zugänglichkeit und den Einstieg in eine Seilbahn sowie an den Umstieg hohe Ansprüche gestellt werden, um als

Alltagsverkehrsmittel zu bestehen und um Verkehrsmittelanteile auf den öffentlichen Verkehr zu verlagern. Da im urbanen Raum regelmäßig viele Menschen von anderen öffentlichen Verkehrsmitteln, sei es vom Zug, von der Straßenbahn, aus dem Bus oder an Park-and-Ride-Plätzen vom eigenen Auto in die Seilbahn umsteigen werden, muss große Sorgfalt auf die Gestaltung der Verknüpfungspunkte gelegt werden. Folgende Anforderungen sind zu beachten:

- Um den Umstieg aus dem übrigen ÖPNV (Bus, Straßenbahn, Zug, Taxi) zur Seilbahn einfach und komfortabel zu gestalten, sollten die übrigen ÖPNV-Haltestellen möglichst dicht an die Seilbahnstation gelegt werden, um so die zurückzulegenden Fußwege zu minimieren. Die ÖPNV-Verknüpfung sollte in der Abwägung immer prioritär gegenüber dem motorisierten Individualverkehr (MIV) geplant und gestaltet werden.
- Der Einstieg sollte barrierefrei sein, um so für mobilitätseingeschränkte Personen, insbesondere für geh- und sehbehinderte Menschen, für ältere Menschen, für Menschen in Rollstühlen oder mit Rollatoren, für Menschen mit Gepäck, für Menschen mit Kinderwagen, für Menschen mit Fahrrädern und für Menschen mit kognitiven Einschränkungen nutzbar zu sein.
- Überdachte Fußwege zwischen den Verkehrsmitteln sollten einen trockenen Umstieg gewährleisten.
- An den Stationen sollten geschützte Wartebereiche vorgesehen werden, insbesondere für den Umstieg aus der Seilbahn in Verkehrsmittel mit längeren Taktzeiten, sowie qualifizierte Fahrradabstellmöglichkeiten und Fahrradverleihsysteme für Bike-and-Ride.
- Park-and-Ride-Plätze sollten nur dort vorgesehen werden, wo sie städtebaulich verträglich und verkehrlich notwendig sind. Kosten für die Herstellung von Park-and-Ride-Plätzen sollten nicht auf die ÖV-Kunden umgelegt werden, sondern sollten von den P+R-Kunden alleine getragen werden. Unabhängig von der Frage der Einführung einer Seilbahn ist grundsätzlich zu berücksichtigen, dass P+R-Plätze immer potenzielle Rebound-Effekte auslösen können und damit zu mehr ungewolltem Autoverkehr führen können. Deshalb sollten auch im Zusammenhang mit Seilbahnplanungen vorgesehene P+R-Anlagen mittels Verkehrsauswirkungsprüfungen auf solche ungewollten Effekte hin im Einzelfall überprüft werden.

7. Sicherheit: Die Verkehrssicherheit gewährleisten und Übergriffe verhindern

Der Begriff der Sicherheit beinhaltet zwei Aspekte: die Verkehrssicherheit (Safety) und die soziale Sicherheit (Security). Beide Aspekte haben eine objektive Seite – Kennzahlen können den Grad der Sicherheit belegen – und eine subjektive Seite, die auf das Wohlbefinden bei der Benutzung wirkt. Auf beide Aspekte muss aus Kundensicht reagiert werden. Dazu notwendig sind einerseits das betrieblich für die Genehmigung vorgeschriebene Sicherheitskonzept, das für den Störfall auch die Bereitstellung von ausreichenden Ersatzverkehren vorsehen muss, sowie darüber hinausgehende Informationen für die Kunden.

Insgesamt sind die Unfallzahlen und die Zahlen über Verletzte und Getötete in Seilbahnen sehr gering und belegen die hohe Verkehrssicherheit von Seilbahnen. Sie zeigen, dass es sich bei Unfällen um Einzelereignisse handelt, die allerdings mit schweren Einzelschicksalen verbunden sein können. Die vom Bundesamt für Statistik BFS (Schweiz)⁴ veröffentlichten Zahlen für die Schweiz zeigen zum Beispiel, dass sich die Anzahl an Unfällen mit Luftseilbahnen in dem Sieben-Jahres-Zeitraum zwischen 2008 und 2014 zwischen drei im Jahr 2009 und 12 im Jahr 2010 bewegt, wobei im selben Zeitraum pro Jahr zwischen vier (im Jahr 2009) und 12 (im Jahr 2010) Menschen verletzt und zwischen null (2009 und 2010) und drei (im Jahr 2014) Menschen getötet wurden. Über die Verkehrssicherheit von urbanen Seilbahnen liegen keine Zahlen vor. Subjektiven Ängsten vor potenziellen Unfällen zum Beispiel bei Sturm oder Gewitter muss durch gut kommunizierte Informationen vor allem zum Bergungskonzept in diesen Fällen begegnet werden. Grundsätzlich sollte die Trassenlage angesichts der Klimaentwicklung mit zunehmend mehr und auch schwereren Sturmereignissen möglichst sturmgeschützt sein.

Die soziale Sicherheit im System Seilbahn umfasst sowohl die Gefahr von Übergriffen während der Fahrt als auch die Angst vor solchen Gefahren. Notrufeinrichtungen und Videoüberwachung in den Kabinen und Personal an den Stationen können hierauf reagieren. Aufgrund der dichten Taktfolge und der relativ geringen Fahrzeiten im urbanen Raum bieten Seilbahnen bei geringer Nutzerfrequenz und damit potenziell geringerer sozialer Kontrolle auch die Möglichkeit, für die Fahrt eine eigene Kabine abzuwarten⁵.

8. Schlussbemerkung: Nutzervorteile herausarbeiten und kommunizieren

Urbane Seilbahnen haben das Potenzial, je nach städtebaulichen, topografischen oder verkehrlichen Voraussetzungen ein integrierter Bestandteil des kommunalen Öffentlichen Verkehrs zu werden. Dafür müssen sie vor allem die Anforderungen der Kunden erfüllen und deutliche Vorteile gegenüber anderen Verkehrsmitteln aufzeigen. Diese Vorteile für die Nutzerinnen und Nutzer können entstehen durch eine hohe Leistungsfähigkeit, verkürzte Reisezeiten, mehr Komfort, verringerte Luft- und Lärmbelastungen, den Beitrag zum Klimaschutz, die Entlastung des bestehenden ÖPNVs, die Rückgewinnung von Straßenraum und damit die Aufwertung öffentlichen Raums sowie durch das einzigartige Fahrerlebnis selbst und den dadurch entstehenden Imagegewinn für die gesamte Stadt. Damit können nicht nur die direkten Nutzer und Nutzerinnen von urbanen Seilbahnen profitieren, sondern alle Bewohner einer Stadt, in der dieses Verkehrsmittel für die Alltagsmobilität zum Einsatz kommt. Urbane Seilbahnen haben aus Nutzersicht ein großes Potenzial als integrierter Teil des ÖPNV-Systems einen Beitrag.

zur Verkehrswende zu liefern – es gilt, diese Vorteile in der Planungsphase zu erarbeiten, um die Realisierung von urbanen Seilbahn-Projekten in europäischen Städten voran zu bringen.

Literatur- und Quellenverzeichnis:

1. Monheim u.a. sprechen von „Systemergänzer und Lückenschließer“; vgl. Monheim, Heiner; Muschwitz, Christian; Auer, Wolfram; Philippi, Matthias: Urbane Seilbahnen. Ksv-Verlag. Köln 2010. S. 50 ff.
2. Vgl. auch Monheim u.a. (a.a.O.) S. 51 ff.
3. Vgl. Monheim u.a. (a.a.O.) S. 7.
4. Quelle der Daten: Unfälle nach Verkehrsträgern (je-d-11.06.01.01), Bundesamt für Statistik BFS (Schweiz). <http://www.bfs.admin.ch/bfs/portal/de/index/themen/11/06/blank/01.html>, (Zugriff am 07.01.16)
5. Vgl. Heinrichs, Dirk; Bernet, Judith S.: Public Transport and Accessibility in Informal Settlements: Aerial Cable Cars in Medellín, Colombia. Transportation Research Procedia 4 (2014) 55 – 67.

Seilbahnen im urbanen Raum aus Betreibersicht

Norbert OSTERMANN, Johannes KEHRER

Das prinzipielle Ziel der Netzgestaltung im ÖPNV lautet: „Mit oftmals vorgegebenen Verkehrsträgern und beschränkten Ressourcen an Raum und Geld ein Streckennetz festzulegen, das vorher definierte betriebliche und verkehrliche Anforderungen erfüllt“ (Steierwald et al.) Dieses Ziel wird mittels dreier anzustrebender Grundsätze verfolgt:

- Minimum der Reisezeiten aller Fahrten im Netz
- Minimum aller Umsteigvorgänge je Reise
- Minimum der Summe Wagen-km im Netz.

Neben diesen Grundsätzen bestimmen vor allem Nachfrage und Geographie die Struktur eines ÖPNV-Netzes. Stärke und Struktur der Nachfrage ist im Allgemeinen abhängig von Siedlungsdichte und -größe. Die ÖPNV-Netze können meist in Primärnetz und Sekundärnetz eingeteilt werden:

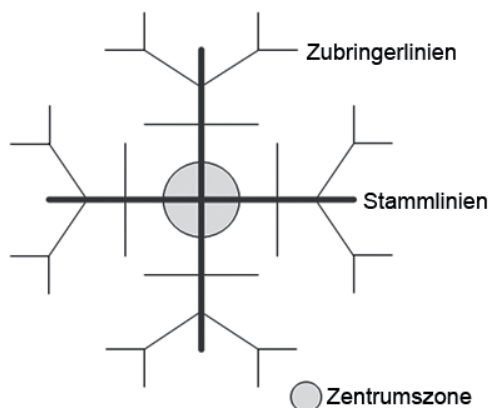


Abbildung 1: Stammlinien (Primärnetz) und Zubringerlinien (Sekundärnetz) im ÖPNV

Die Organisationsstruktur der ÖPNV-Netz-Bedienung bildet einen weiteren Einfluss auf Netzgestaltung und Wahl des Verkehrssystems. Da ÖPNV-Betreiber meistens mit vorgegebenen Verkehrsträgern und beschränkten Ressourcen konfrontiert sind, haben sie Interesse an der Minimierung der Anzahl der eingesetzten Verkehrssysteme. Ist der ÖPNV – wie zumeist in Europa – monopolistisch organisiert, sind neue Systeme wie urbane Seilbahnen schwer durchzusetzen. Ist der kommunale ÖPNV im Wettbewerb verschiedener Betreiber, Netzvarianten und Systeme organisiert, können innovative und betriebswirtschaftlich vorteilhafte Systeme wie urbane Seilbahnen leichter zum Zug kommen:

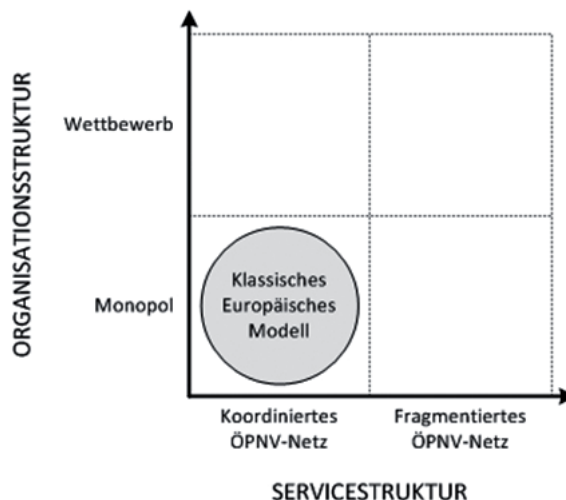


Abbildung 2a: Monopolsituation

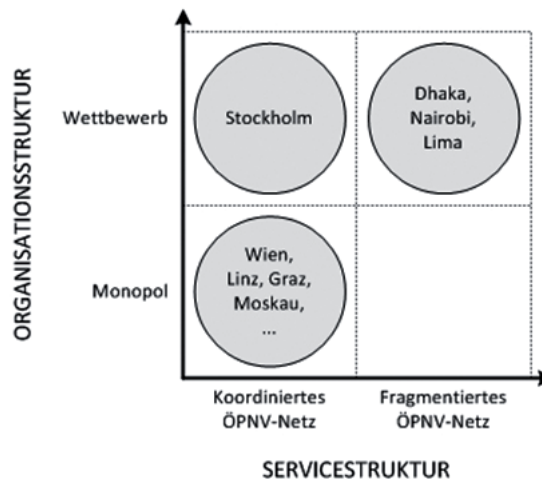


Abbildung 2b: Wettbewerbssituation

Luftseilbahnen können dem ÖPNV als Pendelbahnen für Punkt zu Punkt Verkehre oder als kuppelbare Seilbahnen mit Zwischenstationen dienen. Sie sind aus Betreibersicht durch die Anwendung in Schigebieten technisch ausgereifte und bewährte Systeme, die nun durch ihre Anwendungen in urbanen ÖPNV-Netzen zu neuen Anwendungsgebieten kommen. Die wesentlichsten Eigenschaften im Kontext des ÖPNV sind ein eigener unabhängiger Fahrweg (wie etwa jener einer U-Bahn), die Stetigförderung bei Umlaufbahnen und eine hohe Zuverlässigkeit. Im Vergleich zu schienengebundenen Verkehrsmitteln verfügen sie über eine niedrige bis mittlere Leistungsfähigkeit. Im Vergleich mit anderen Systemen mit unabhängigem Fahrweg zeichnen sich Seilbahnen durch relativ niedrige Investitionskosten aus. Allerdings sind die Kosten von Zwischenstationen im Vergleich zu Bus oder Straßenbahn mit bis zu 10 Mio. EUR sehr hoch.

Bei der Systemwahl zur Erschließung eines Gebiets mit dem ÖPNV haben verschiedene Akteure unterschiedliche Interessen, von denen meist einige in einem Konflikt zueinander stehen. Die verschiedenen Akteure und deren Interessen können allgemein wie folgt kategorisiert werden:

- Volkswirtschaftliches Interesse
- Öffentliches Interesse
- Interesse der Betreiber
- Interessen Privater
- Interesse von betroffenen Parteien.

Im öffentlichen Interesse kann beispielsweise Grund enteignet oder eine Dienstbarkeit (Servitut) erzwungen werden, das Eisenbahnteilungsgesetz gilt auch für Seilbahnen, U-Bahnen und Straßenbahnen. Gesetzeskonform darf nur das „gelindeste“ Mittel des Eigentumseingriffs erfolgen, d.i. die Dienstbarkeit, sodass eine – oft vom Eigentümer gewollte - gänzliche Ablösung des betroffenen Grundstücks wegen des dem Zwangs zur Wirtschaftlichkeit verhindert wird. Eine Dienstbarkeit wird in das Grundbuch eingetragen und in der Vergangenheit in Wien meist mit 5% des Freigrundwertes bewertet. Zusätzlich gilt auch die Bauverbotslinie im Abstand von 12m von der Gleisachse (Eisenbahngesetz). Auf der anderen Seite schreibt das Eisenbahngesetz vor, dass durch die Eisenbahn möglichst kein Schaden beim Nachbarn entstehen darf und durch alle Maßnahmen nach dem Stand der Technik zu vermeiden ist.

Die Leistungsfähigkeit eines Verkehrssystems stellt eine Randbedingung für die Systemwahl dar. Die Wahl eines Systems mit einer Systemleistungsfähigkeit, die größenordnungstechnisch dem erwarteten Verkehrsaufkommen entspricht ist Voraussetzung für einen effizienten Ressourceneinsatz. Tabelle 1 zeigt einen Vergleich der maximalen Leistungsfähigkeiten verschiedener Verkehrssysteme im ÖPNV.

Einteilung	Verkehrssystem	max. Fassungsvermögen [Pers/TU]	max. Strecken-LF [TU/h]	Systemleistungsfähigkeit [Pers/h]
Oberflächenverkehr	Bus	40 - 120	60 - 180	2.400 - 6.000
	Straßenbahn	100 - 500	60 - 120	4.000 - 15.000
beschleunigter Oberflächenverkehr	BRT	40 - 150	60 - 300	4.000 - 8.000
	LRT / Stadtbahn	100 - 750	40 - 60	6.000 - 20.000
	Spurbus	180 - 360	60 - 120	10.000 - 18.000
Schnellverkehr	U-Bahn	140 - 2400	20 - 40	10.000 - 70.000
	S-Bahn	140 - 2000	10 - 30	8.000 - 60.000
spezialisierte Verkehrssysteme	Kuppelbare Seilbahn	4 - 38	145 - 400 ^{b)}	2.000 - 6.000 ^{c)}
	Pendelbahn	20 - 220 ^{c)}	- ^{a)}	500 - 2.800

^{a)} längenabhängig

^{b)} 3S Bahn bzw. Einseilumlaufbahn

Quellen: (Vuchic, 2007), (Alshalalafah & Shalaby, 2010), ^{c)}: Doppelmayr

Tabelle 1: Vergleich der Systemleistungsfähigkeiten verschiedener ÖPNV-Systeme

In Abhängigkeit der erwarteten Reiseweiten bzw. der Linienlängen eines Verkehrssystems ist auch die Reisegeschwindigkeit (gemittelte Geschwindigkeit aus Fahrt- und Aufenthaltszeiten) ein wichtiges Entscheidungskriterium. Tabelle 2 stellt einen Vergleich der Reisegeschwindigkeiten verschiedener Verkehrssysteme unter der Annahme adäquater Haltestellenabstände (empirische Erfahrungswerte aus Fachliteratur) dar.

Einteilung	Verkehrssystem	Fahrzeug-Höchstgeschwindigkeit [km/h]	Reisegeschwindigkeit [km/h]
Oberflächenverkehr	Bus	40 - 80	15 - 25
	Straßenbahn	60 - 70	12 - 25
beschleunigter Oberflächenverkehr	BRT	70 - 90	20 - 40
	LRT / Stadtbahn	60 - 100	20 - 45
	Spurbus	-	-
Schnellverkehr	U-Bahn	80 - 100	25 - 60
	S-Bahn	80 - 130	40 - 80
spezialisierte Verkehrssysteme	Kuppelbare Seilbahn	22 - 31	14 - 27
	Pendelbahn	< 43,2	< 35,4

Quellen: (Vuchic, 2007), (Alshalalafah & Shalaby, 2010)

Tabelle 2: Reisegeschwindigkeiten verschiedener ÖPNV-Systeme

Die reale Reisegeschwindigkeit – nicht die erreichbare Höchstgeschwindigkeit - urbaner Seilbahnen liegt im Bereich von Bussen und Straßenbahnen. Die Grenzen der Trassierung liegen bei vergleichbarer Fahrwegbreite im Unterschied zu Bussen und Straßenbahnen darin, dass die maximale Längsneigung bei urbanen Seilbahnen ein Vielfaches der erdgebundenen Verkehrsmittel sein kann, dass aber die Verbindung von Punkt zu Punkt immer nur als Gerade ohne Richtungsänderung technisch möglich ist. Richtungsänderungen sind bei Pendelbahnen überhaupt nicht und bei kuppelbaren Systemen nur in Stationen möglich. Die Haltestellenabstände urbaner Seilbahnen können zwischen 300 und 800 m variieren, wobei ein Einzugsbereich für Fußgänger von etwa 500m Radius angenommen wird, was allerdings von der Qualität des öffentlichen Raums abhängig ist.

Die Grenzen der Trassierung stellen eine technische Randbedingung bei der Systemwahl im ÖPNV dar. Etwa könnten in speziellen Anwendungsfällen alleine durch Anforderungen bezüglich Längsneigungen bzw. Kurvenradien verschiedene Systeme aus dem Entscheidungsprozess ausgeschlossen werden,

sofern sie diese nicht erfüllen können. Tabelle 3 zeigt die verschiedenen Verkehrssysteme samt ihrer Systemgrenzen bezüglich Trassierung in Höhe und Lage.

Einteilung	Verkehrssystem	max. Längsneigung [%]	min. Kurvenradius [m]	Fahrwegbreite ^{c)} [m]
Oberflächenverkehr	Bus	130	12	3 - 3,65
	Straßenbahn	85	20	3 - 3,3
beschleunigter Oberflächenverkehr	BRT	130	12	3,65 - 3,75
	LRT / Stadtbahn	85	20	3,40 - 3,60
	Spurbus	130	12	3,3
Schnellverkehr	U-Bahn	63 - 70	75	3,70 - 4,30
	S-Bahn	50 - 62	75	4,00 - 4,75
spezialisierte Verkehrssysteme	Kuppelbare Seilbahn	~ 1.000	- ^{a)}	
	Pendelbahn	~ 1.000	- ^{b)}	

^{a)} Richtungsänderungen nur in Stationen möglich

^{b)} keine Richtungsänderungen möglich

^{c)} In Geraden

Quelle: (Vuchic, 2007), (Alshalalalfah & Shalaby, 2010) und (Deutsch, 2003)

Tabelle 3: Trassierungsgrenzen verschiedener ÖPNV-Systeme

Abgesehen von den oben erwähnten Randbedingungen technischer (Trassierungsgrenzen) und verkehrlicher Natur (Leistungsfähigkeit, Reisegeschwindigkeit) müssen bei der Systemwahl im ÖPNV folgende weitere Kriterien berücksichtigt werden: Betriebliche Entscheidungskriterien

- Ökonomische Entscheidungskriterien
- Externe Entscheidungskriterien.

Aus Sicht der Betreiber bestimmen neben den Randbedingungen vor allem betriebliche und ökonomische Faktoren die Systemwahl im ÖPNV, das heißt betriebliche Faktoren wie Zuverlässigkeit, Flexibilität und Sicherheit sowie die Investitions- und Betriebskosten. Externe Entscheidungskriterien wie Emissionen und dergleichen stehen im Interesse der Allgemeinheit bzw. direkt Betroffener, sind aus Betreibersicht aber nur indirekt von Bedeutung. Für das Kriterium Leistungsfähigkeit ist wie bereits erwähnt das zu erschließende Gebiet ausschlaggebend, etwa ob es sich um Randgebiete oder die Kernzone eines Siedlungsgebietes handelt, oder ob es um den Ersatz oder die Aufwertung einer bestehenden Verkehrsachse geht.

In weiterer Folge werden die betrieblichen Entscheidungskriterien näher beschrieben.

Zuverlässigkeit

Die Zuverlässigkeit von urbanen Seilbahnen ist sehr hoch. Urbane Seilbahnen sind nicht sehr störungsanfällig und haben daher geringe Stillstandszeiten. Wartungen können in Wartungs-

fenstern in der Nacht durchgeführt werden – Ersatz kann durch einen Nachtbus erfolgen. Bei Witterungsverhältnissen mit Windstärken über 100 km/h (bei 3S-Bahn) bzw. 60 km/h (bei herkömmlichen Systemen)

sind Abschaltungen notwendig. Ein Ersatzverkehr durch Busse muss vorgesehen werden. Die Abschaltungen erfolgen immer mit einem ausreichenden Sicherheitspolster, sodass weder Wind noch Wetter (Gewitter) ein Sicherheitskriterium darstellen, sondern lediglich die Verfügbarkeit beeinflussen. Das Verkehrssystem ist als ähnlich zuverlässig wie etwa der U-Bahnbetrieb einzustufen (siehe Tabelle 4).

Einteilung	Verkehrssystem	Zuverlässigkeit
Oberflächenverkehr	Bus	mittel
	Straßenbahn	mittel
beschleunigter Oberflächenverkehr	BRT	hoch
	LRT / Stadtbahn	hoch
	Spurbus	- ^{a)}
Schnellverkehr	U-Bahn	sehr hoch
	S-Bahn	sehr hoch
spezialisierte Verkehrssysteme	Kuppelbare Seilbahn	sehr hoch
	Pendelbahn	sehr hoch

a) keine belastbaren Daten vorhanden

Quellen: (Vuchic, 2007), (Deutsch, 2003) und (Alshalalalfah & Shalaby, 2010)

Tabelle 4: Betriebliche Zuverlässigkeit verschiedener ÖPNV-Systeme

Flexibilität

Die Flexibilität von kuppelbaren Systemen wird als mittel eingestuft. Zwar kann die Leistungsfähigkeit schnell dem Bedarf angepasst werden, indem Kabinen einfach garagiert und wieder zugeführt werden können, jedoch weisen Seilbahnsysteme Defizite bei flexibler Liniengestaltung bzw. Umfahrungen auf. Tabelle 5 stellt einen qualitativen Vergleich verschiedener Verkehrssysteme hinsichtlich verschiedener Parameter ihrer betrieblichen Flexibilität dar.

Zusammenfassend kann festgehalten werden, dass die Anwendungsmöglichkeiten von Seilbahnen, insbesondere von kuppelbaren Umlaufbahnen, im europäischen urbanen Raum derzeit noch unterschätzt werden.

Die oben dargestellten Eigenschaften der Seilbahnen zeigen im Vergleich mit den anderen, bisher gebräuchlichen Verkehrssystemen insgesamt eine Gleichwertigkeit mit diesen (Voraussetzung: Gleiche Klasse der Leistungsfähigkeit).

Die Trassierungsparameter von Seilbahnen verleihen den Seilbahnen ein Alleinstellungsmerkmal in bestimmten Anwendungsgebieten (bei der Überwindung von großen Höhenunterschieden z.B.)

Integriert in ein ÖPNV Netz eignen sich Seilbahnen aufgrund der oben genannten Eigenschaften vornehmlich zur Flächenerschließung, als Zubringer bzw. für Punkt-zu-Punkt Verkehre zwischen anderen Verkehrsträgern des ÖPNV-

Einteilung	Verkehrssystem	Ausweichmöglichkeit	Überholmöglichkeit	bedarfsgerechte Koordinierbarkeit	flexible Liniengestaltung	Flexibilität
Oberflächenverkehr	Bus	sehr hoch	sehr hoch	sehr hoch	sehr gut	sehr hoch
	Straßenbahn	mittel	niedrig	hoch	mittel	mittel
beschleunigter Oberflächenverkehr	BRT	gut	hoch	hoch	mittel	hoch
	LRT / Stadtbahn	niedrig	niedrig	hoch	mittel	mittel
	Spurbus ^a					(mittel)
Schnellverkehr	U-Bahn	niedrig	niedrig	hoch	schlecht	niedrig
	S-Bahn	mittel	mittel	hoch	mittel	mittel
spezialisierte Verkehrssysteme	Kuppelbare Seilbahn	niedrig	niedrig	sehr hoch	schlecht	mittel
	Pendelbahn	sehr niedrig	sehr niedrig	mittel	sehr schlecht	niedrig

a) große Unterschiede zwischen einzelnen Systemen

Tabelle 5: Betriebliche Flexibilität verschiedener ÖPNV-Systeme

Netzes oder Verlängerungen des ÖPNV Netzes zu touristischen oder topographisch anspruchsvollen Destinationen.

Ausgewählte elektrotechnische Aspekte zu urbanen Seilbahnen

Lothar FICKERT, Ernst SCHMAUTZER, Elisabeth HUFNAGL

1. Einleitung

Seilbahnen als öffentliches Verkehrsmittel werden in vielen europäischen Städten geplant und öffentlich diskutiert. Da dabei immer wieder ähnliche Fragestellungen auftreten, liegt es im Interesse aller Beteiligten (Stadtverwaltungen, Hersteller, Bewohner, Betreiber), dass diese Fragen auf einem hohen fachlichen Niveau objektiv abgehandelt werden. Es geht u.a. darum, Begriffe und Kennzahlen zu definieren, die in Planungsverfahren und Normen einfließen können. Planer, Verwaltung und Hersteller benötigen gemeinsame Kriterien, um Projekte seriös und objektiv beurteilen sowie effizient umsetzen zu können. In der Folge werden hinsichtlich der elektrotechnischen Aspekte folgende Punkte detaillierter dargestellt: Energieverbrauch, elektrische Beeinflussung von und durch konventionelle Bahnen, Hochspannungsleitungen, Antennenanlagen sowie die Beeinflussung von anderen elektrotechnischen Installationen.

2. Energieverbrauch urbaner Seilbahnen

Die Werte für den Energieverbrauch verschiedener Fahrzeuge im Personenverkehr variieren sehr stark. Zum Vergleich der Energieeffizienz verschiedener Verkehrsmittel wird die für den Transport von Personen aufgewendete Energie meist auf Personenkilometer bezogen. In diesem Zusammenhang ist allerdings zu beachten, dass lt. einer Studie dadurch die scheinbare Energieeffizienz mit der Anzahl der zurückgelegten Kilometer steigt, da es sich bei der Einheit „Energieverbrauch je Personenkilometer“ um eine längen- bzw. geschwindigkeitsabhängige Größe handelt, die schnelle Verkehrsmittel überproportional effizient erscheinen lässt. Für den Stadtverkehr mit relativ kurzen Wegelängen und niedrigen Durchschnittsgeschwindigkeiten ist daher der Energieverbrauch pro beförderter Person die wesentlichere Maßzahl. Nachfolgend werden in Tabelle 1 Richtwerte für den Individualverkehr dargestellt, wobei diesen Werten die durchschnittliche Weglänge einer PKW-Fahrt im Binnenverkehr der Stadt zugrunde (vgl. Studie Frey et al.¹⁾) liegt.

Richtwerte - städtischer Individualverkehr		
Fahrzeug	Energieverbrauch	
	kWh / (Pers. km) [2]	kWh / Pers. *)
Personenkraftwagen (VKM ¹)	0,4 - 0,6 [2]	3 - 4,5 *)
Personenkraftwagen (Elektroantrieb) *)	0,2 [3], [4]	1,5 *)

*) Diesen Werten liegt die durchschnittliche Weglänge einer PKW-Fahrt im Binnenverkehr der Stadt zugrunde (vgl. Studie Frey et al., [1]).

*) Für Kurzstrecken liegt der Besetzungsgrad eines PKW bei ca. 1,5 Personen.

Tabelle 1: Richtwerte für den Energieverbrauch von PKWs für typische Stadtfahrten

Demgegenüber stehen die folgenden Richtwerte für Fahrzeuge des öffentlichen Personenverkehrs (ÖPV), die das Institut für Elektrische Anlagen der Technischen Universität Graz recherchiert hat. Der Energieverbrauch bezieht sich hier auf die Endenergie und berücksichtigt nur die reine Fahrenergie (ohne systembedingten Energieverbrauch, z.B. für Gebäude).

Gemäß einer anderen Vergleichsgröße (rechte Spalte der Tabelle 2) kann lt. FREY et.al. der Energieverbrauch auch auf die Anzahl der transportierten Personen bezogen werden. In dieser Studie wurde bei der Ermittlung der Werte kWh/Pers., also auf Basis der beförderten Personen, der Auslastungsgrad der Fahrzeuge mit 20 % angesetzt. Hier ist auch der Gebäudeaufwand berücksichtigt.

In analoger Vorgangsweise kann bei 3S-Seilbahnen, ähnlich jener der Testlinie 1 in Linz, ein Richtwert von 0,29 kWh / Pers. angenommen werden. In Tabelle 2 sind weitere Richtwerte für den Energieverbrauch des öffentlichen Personenverkehrs wiedergegeben.

Richtwerte - Öffentlicher Personenverkehr		
Fahrzeug	Spezifischer Endenergieverbrauch	
	kWh / (Pers. km) [2]	kWh / Pers. [1]
Bus (LPG)	0,1 - 0,15 [2]	1,23 [1]
U-Bahn	0,02 - 0,05 [2]	0,74 [1]
Straßenbahn	0,07 - 0,08 [2]	0,40 [1]
Seilbahn	0,11 **)	0,29 **)

***) Berechnung Fa. Doppelmayr Seilbahnen für eine 3S-Bahn mit folgenden Eckdaten: 2,7 km, 3 Sektionen, 5.500h/Jahr, 20% Auslastung, einschließlich Gebäude

Tabelle 2: Richtwerte für den Energieverbrauch des öffentlichen Personenverkehrs

Die Einheit „Energieverbrauch pro Person“ für die Fahrzeuge des öffentlichen Nahverkehrs in Tabelle 2 bezieht sich auf den jeweiligen durchschnittlichen öffentlichen Nahverkehrsweg (ÖV-Weg). Deshalb entfallen diese Werte für das Verkehrsmittel Eisenbahn (Schnellbahn).

3. Arten der elektrotechnischen Beeinflussung

3.1 Allgemein

Unter elektrischer Beeinflussung versteht man in der elektrischen Energietechnik die Einwirkung von elektrischen Betriebsmitteln auf andere elektrische Betriebsmittel und Anlagen. Diese werden durch Betriebs- und Fehlerströme bzw. Betriebs- und Fehlerströmungen, sowie elektromagnetische Felder hervorgerufen.

Die Art der Beeinflussung wird nach der Kopplung benannt, welche die Störgröße von der Quelle zur Senke überträgt. Grundsätzlich sollte eine elektrische Anlage derart arbeiten, dass andere elektrotechnische Anlagen in ihrer Funktion nicht gestört werden, bzw. so ausgelegt sein, dass die eigenen Funktionen nicht durch andere elektrotechnische Anlagen beeinträchtigt werden. Diese Fähigkeit wird mit dem Begriff „Elektromagnetische Verträglichkeit (EMV)“ bezeichnet.

Bezüglich der technischen Vereinbarkeit urbaner Seilbahnen mit anderen technischen Anlagen können die nachfolgenden Arten der elektrotechnischen Beeinflussung auftreten. Hierbei wird von ohmscher, induktiver und kapazitiver Beeinflussung, vor allem bei niederfrequenten elektromagnetischen Phänomenen bis zu einer Frequenz von etwa 9 kHz gesprochen, da man in diesem Frequenzbereich das elektrische und das magnetische Feld getrennt betrachten kann.

- 1) Ohm'sche Beeinflussung: die Ursache für die ohmsche Beeinflussung ist das Strömungsfeld bei Stromfluss, welches sich zwischen Erdungsanlagen im Erdreich ausbildet.
- 2) Induktive Beeinflussung: die induktive Beeinflussung tritt bei Stromfluss durch die magnetische Verkopplung von elektrischen Leitern untereinander auf.
- 3) Kapazitive Beeinflussung: die Ursache für die kapazitive Beeinflussung ist elektrische Verkopplung der an Spannung liegenden elektrischen Leiter untereinander.
- 4) Elektromagnetische Verkopplung: Die gemeinsam auftretende Beeinflussung durch elektrische und magnetische Felder bezeichnet man als elektromagnetische Verkopplung.

3.2 Beurteilungskriterien bei elektrotechnischer Beeinflussung

Im Fall der Beeinflussung von Seilbahnanlagen müssen folgende Punkte zur Beurteilung der elektromagnetischen Beeinflussung im Hinblick auf die Personengefährdung und den Anlagenschutz im Normalbetrieb und im Fehlerfall der elektrotechnischen Anlagen herangezogen werden:

- Ohm'sche Beeinflussung durch elektrische Anlagen wie z.B. Erdungsanlagen von Transformatorstationen und Umspannwerken, wobei insbesondere Berührungsspannungen, Spannungsverschleppungen und Ausgleichströme über die Seilbahnanlagen von Interesse sind.
- Induktive Beeinflussung durch induzierte Spannungen und Ströme in die Seilbahnseile, über Transportrollen, IKT-Einrichtungen usw., wobei die Gefährdung und Störung von Personen und Anlagen beachtet werden müssen.
- Kapazitive Beeinflussung durch eingekoppelte Spannungen in die Seilbahnanlagen (Seile, Dächer von überspannten Gebäuden) bei enger Annäherung zwischen Hochspannungsfreileitungen und Seilbahnen, wobei insbesondere Berührungsspannungen und Entladeströme beachtet werden müssen.
- Die elektromagnetische Beeinflussung ist hinsichtlich des Schutzes von Personen in den Seilbahnanlagen im gesamten technischen Frequenzbereich und hinsichtlich Hochfrequenzeffekten, z.B. Schirm- und Reflektorwirkung zu berücksichtigen.

Bei Näherungen von Seilbahnanlagen zu Gleichstrom- bzw. Wechselstrom-Bahnanlagen ist auf eine Minimierung der elektrochemischen Beeinflussung (Elektrokorrosion, Streustrom- und Wechselstromkorrosion) zu achten.

In Gebieten mit erhöhter Gefahr des Auftretens von Blitzschlägen ist das Risiko eines direkten oder indirekten Blitzschlages und den damit auftretenden Ableitströmen im Bereich der Seilbahnanlagen, hinsichtlich der Gefährdung und Störung von Personen und beeinflussten Anlagen zu berücksichtigen.

4. Technische Vereinbarkeit urbaner Seilbahnen mit konventionellen Bahnen

4.1 Allgemeines

Die technische Vereinbarkeit urbaner Seilbahnen mit konventionellen Bahnen ist unter anderem abhängig von der Art der elektrischen Energieversorgung des Verkehrsmittels. Aus diesem Grund werden die einzelnen Verkehrsmittel nachfolgend gesondert betrachtet.

4.2 Straßenbahn

Die elektrische Energieversorgung von Straßenbahnen erfolgt üblicherweise mit Gleichstrom, wobei in diesem Fall auf die Streustromkorrosion besonderes Augenmerk zu legen ist.

Infolgedessen können sich „vagabundierende Ströme“ im Erdreich ergeben, welche bei ungünstigen Erdungs- und Potenzialausgleichsverhältnissen in weiterer Folge auch auf die Seilbahnanlagen ausweichen können und hier zu einer Gleichstrombeaufschlagung von dafür nicht vorgesehenen Anlagenteilen führen.

Diese Strombeaufschlagung kann zu Korrosion und Materialabtragung im Bereich der Seilbahnanlage (hier sind insbesondere Ströme über Rollen und Seile zu beachten), Gebäudearmierung, der Erdungs- und Potenzialausgleichsanlage und anderer metallischer Teile führen, wobei längerfristig eine Gefährdung der elektrotechnischen Sicherheit sowie der Anlagenstatik möglich ist.

Um dieser potenziellen Gefahr vorzubeugen, sollte bei der Planung der Seilbahn besonders auf die geeignete Auslegung und Ausführung der Erdungsanlagen geachtet werden. Außerdem kann eine elektrische Trennung der Erdungsanlagen der Bahnanlage und der Seilbahnanlage sowie zusätzlich ein korrekt dimensionierter und eingestellter kathodischer Korrosionsschutz Abhilfe bringen.

Die Mindestabstände zwischen den Seilbahnseilen und den Oberleitungen der Straßenbahn müssen individuell für den konkreten Fall auf Basis einer entsprechenden Berechnung unter Berücksichtigung normativer und gesetzlicher Vorgaben ermittelt werden.

4.3 U-Bahn

Ähnlich wie bei der Straßenbahn erfolgt auch die elektrische Energieversorgung der U-Bahn mit Gleichstrom. Bezüglich der Beeinflussung können dabei die folgenden beiden Fälle unterschieden werden.

- 1) Die U-Bahn-Schienen sind nicht isoliert gegen Erde verlegt: In diesem Fall kommt es durch den Gleichstrom zur Ausbildung eines Strömungsfeldes zwischen der Stromübertrittsstelle aus dem Triebfahrzeug in die Schienen und dem Anschlusspunkt des Rückleiters bei der Einspeisestelle. Dadurch kann es zu einem Längsgleichspannungsabfall und infolgedessen durch Streuströme zu ohmscher Beeinflussung der Seilbahnanlagen kommen.
- 2) Die U-Bahn-Schienen sind isoliert gegen Erde verlegt: Durch die Isolierung werden ein möglicher Stromfluss und ein diesen begleitender

Längsgleichspannungsabfall im Erdreich verhindert, so dass keine oder nur geringe Korrosionserscheinungen auftreten können. Die U-Bahn ist in diesem Fall hinsichtlich der Korrosionsgefährdung beeinflussungsneutral.

Für den Fall 1 (Schienen nicht isoliert gegen Erde) ergeben sich aufgrund der ohmschen Beeinflussung „vagabundierende Ströme“, welche bei ungünstigen Erdungsverhältnissen auf die Seilbahnanlagen ausweichen können. Diese Gleichströme verursachen Gleichstromkorrosion und Materialabtragung, wodurch langfristig eine Gefährdung der Seilbahnanlagen möglich ist.

Um dieser potenziellen Gefahr vorzubeugen, sollte bei der Planung und dem Bau der Seilbahn besonders auf die geeignete Ausführung der Erdungsanlage geachtet werden.

Für den Fall 2 (Schienen isoliert gegen Erde) müssen also hinsichtlich der elektrotechnischen Vereinbarkeit urbaner Seilbahnen mit der U-Bahn bei der Planung und dem Bau der Seilbahnanlage keine besonderen Vorkehrungen getroffen werden.

4.4 Eisenbahnen

Elektrische Bahnen werden in einigen Ländern (Österreich, Deutschland, Schweiz) überwiegend mit Wechselstrom bei einer Frequenz von 16,7 Hz bzw. in vielen Regionen der Welt mit Wechselstrom und einer Frequenz von 50 (60) Hz betrieben. Auch der Betrieb mit Gleichstrom ist in einigen Ländern Europas üblich.

Bei der Rückleitung eines Leiterstromes im Erdreich ergeben sich bei Wechselstrom grundsätzlich andere Verhältnisse als bei Gleichstrom. Wie in Abbildung 1 dargestellt ist, wird bei Wechselstromversorgung der Rückstrom im Erdreich durch die Wirkung des Magnetfeldes unter den Versorgungsleitungen (Fahrdraht, Verstärkungsleitungen, Schienen) gebündelt und folgt grundsätzlich der Leitungsführung des aktiven Leiters („heißer Leiter“). Wenn aber andere leitende Konstruktionen, wie zum Beispiel urbane Seilbahnen, in der Nähe und parallel der Rückstrompfade verlaufen, wird ein Teil des Bahnrückstromes in die Seilbahnanlage übertreten und hier unerwünschte elektrische Durchströmungen hervorrufen.

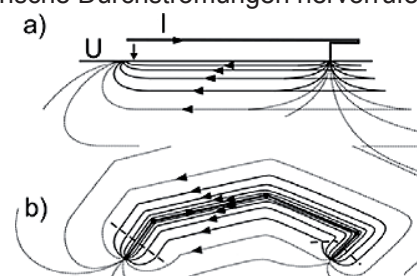


Abbildung 1: Stromverteilung in der Erde bei Wechselstrom. a) Seitenansicht, b) Aufsicht

Im Erdreich ergibt sich dabei eine bestimmte Stromdichteverteilung.

Für die Abschätzung der induktiven Beeinflussung bei Parallellauf von Bahnanlagen (16,7 Hz) und beeinflussten Leitungen können in Abhängigkeit von den räumlichen Abständen

- im laufenden Betrieb induzierte Spannungen im Bereich von mehreren 10 V und
- im Kurzschlussfall viele 100 V bzw.
- bei geschlossenen Stromschleifen Ströme von einigen 10 A bis einigen 100 A

erwartet werden. Für konkrete Fälle muss jedoch unbedingt eine entsprechende Beeinflussungsberechnung angestellt werden, da durch individuell zu ermittelnde Reduktionsfaktoren paralleler geerdeter Leiter eine Verringerung der induktiven Beeinflussung möglich ist.

Die potenziellen Gefahren in der technischen Vereinbarkeit urbaner Seilbahnen mit Eisenbahnanlagen liegen zum einen in der Spannungs- und je nach Ausführung der Kabelschirme auch Strombelastung von begleitenden IKT-Leitungen und zum anderen in der Strombelastung der Seilbahnseile und -rollen. Ähnlich wie bei der Straßenbahn, können die Ströme bei ungünstigen Erdungsverhältnissen auch hier Korrosionerscheinungen und Materialabtragung verursachen.

In diesem Fall handelt es sich je nach Art der Stromversorgung des Bahnsystems entweder um Gleichstrom- oder um Wechselstromkorrosion. Beide stellen langfristig eine Gefährdung der Anlagen dar.

Hinsichtlich des Personenschutzes ist zusätzlich die Gefahr von auftretenden Berührungsspannungen gegeben, welche bei Überschreitung bestimmter Grenzwerte zu Gefährdungen führen können. Diesen Punkt gilt es besonders in Anbetracht einer großen Anzahl von möglicherweise betroffenen Personen (Menschenansammlung) zu beachten. Um diesen potenziellen Problemen vorzubeugen, sollte bei der Planung der Seilbahntrasse besonders auf die geeignete Auslegung der Erdungs- und Potenzialausgleichsanlage geachtet werden. Außerdem müssen Schutzmaßnahmen zum Personen- und Anlagenschutz und zur Vermeidung von Wechselstromkorrosion

angedacht werden.

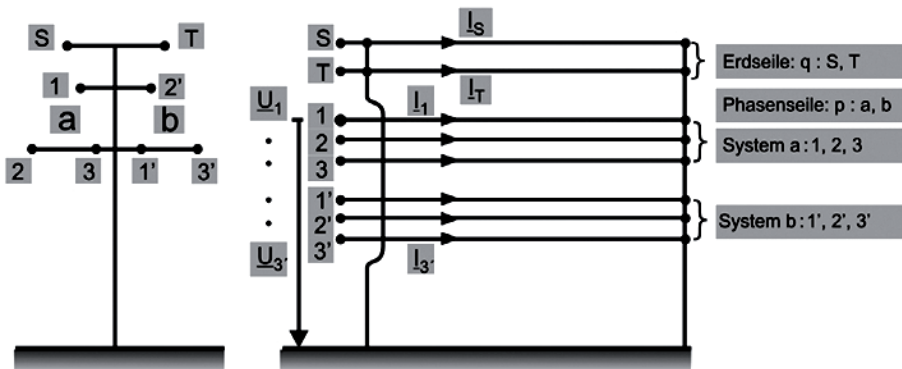
5. Technische Vereinbarkeit urbaner Seilbahnen mit Hochspannungs-Leitungen

Grundsätzlich treten elektrische und magnetische Beeinflussungen durch Hochspannungs-Leitungen auf, wobei sowohl der Normalbetrieb der Leitungen als auch der Fehlerfall zu berücksichtigen sind. Diese Leitungen können

- entweder als Hochspannungs-Freileitungen
- oder – heute immer häufiger im urbanen Raum – als Hochspannungs-Kabel-Leitungsanlagen ausgeführt werden.

Für die Betrachtung der technischen Vereinbarkeit urbaner Seilbahnen mit Hochspannungsleitungen (siehe Abbildung 2) wird aus Anschaulichkeitsgründen eine Hochspannungsfreileitungs-Anlage herangezogen. Dabei müssen die nachfolgenden Fälle unterschieden werden.

- Beeinflussung im Normalbetrieb (Drehstrombetrieb)



- Beeinflussung im Fehlerfall (einpolige Fehler / mehrpolige Fehler / Cross Country Faults)

Abbildung 2: Prinzipdarstellung einer zweiseystemigen Hochspannungsfreileitung mit Erdrückleiter⁵

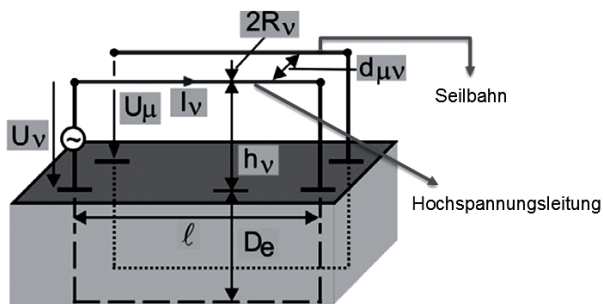
Bei geografischer Nähe einer Seilbahn zu einer Hochspannungsfreileitung, wie in Abbildung 3 dargestellt, kann es aufgrund der magnetischen Kopplung zu einer induktiven Beeinflussung kommen. In Abbildung 3 ist die vordere Leitung modellhaft der elektrischen Energieleitung und die hintere Leitung dem Seilbahnseil zugeordnet. Dabei ist eine kurze Querung weniger problematisch als eine längere Parallelführung der beiden technischen Anlagen.

Eine Berechnung kann wie folgt durchgeführt werden:

$$\underline{Z}'_{\nu\mu} = \frac{j\omega\mu_0}{2\pi} \cdot \ln\left(\frac{D_e}{d_{\nu\mu}}\right)$$

- Bestimmung der spezifischen Koppelimpedanz für die Näherungsstrecke:

- $$U_{\mu} = I \cdot Z'_{v\mu} \cdot I_v$$



Berechnung der in das Seilbahnseil induzierten Spannung:

Abbildung 3: Modell der Parallelführung einer Hochspannungsfreileitung mit einer Seilbahn

Eine Abschätzung der Berechnung der durch Hochspannungsfreileitungen (50 Hz) in Seilbahnanlagen induzierten Längsspannungen ergibt

- im laufenden Betrieb Spannungen im Bereich von einigen 100 V und
- im Fehlerfall von einigen 1000 V.

Die potentiellen Gefahren liegen hierbei für die technischen Einrichtungen in der Strombelastung der Seilbahnseile und -rollen. Das Gefährdungspotenzial für Menschen stammt von den auftretenden Berührungsspannungen, welche bei Überschreitung gewisser Grenzwerte zu Beeinträchtigungen und im schlimmsten Fall sogar zur Herzkammerflimmern führen können. Diesen Punkt gilt es besonders in Anbetracht einer großen Anzahl von Personen (Menschenansammlung) zu beachten.

Für jeden konkreten Fall muss jedoch eine entsprechende Berechnung angestellt werden, da durch die zu ermittelnden Reduktionsfaktoren, aufgrund des Leitungsaufbaues (Kabel, Freileitung, Zahl der Systeme, Erdseile, Kompensationsleiter, globale Erdungssysteme), eine Verringerung der induktiven eingekoppelten Spannungen möglich ist, bzw. kritische Abstände bestimmt werden können. Basierend auf dieser Berechnung können dann in weiterer Folge die erforderlichen Maßnahmen für die Planung und den Bau der Seilbahnanlagen abgeleitet werden.

6. Technische Vereinbarkeit urbaner Seilbahnen mit Antennen-Anlagen

Da die Bauhöhe von urbanen Seilbahnen mit der Bauhöhe von Stromleitungen vergleichbar ist, sind durch urbane Seilbahnen (mit Ausnah-

me von Richtfunkstrecken) im Allgemeinen keine Störungen von Kommunikations- und Radaranlagen zu erwarten.

Im Bereich von Flughäfen könnte allerdings vor allem das ILS-Landesystem durch die horizontalen Seilbahnseile beeinflusst werden. Des Weiteren ist eine Abschattung von Richtfunkstrecken durch die Kabine möglich, was aber durch geeignete Planung vermieden werden kann.

Die Versorgung der Kabinen mit WLAN-Service ist grundsätzlich denkbar. Die dazu erforderlichen Antennen müssen nicht in jeder Kabine, sondern können auch auf den Masten angebracht werden. Bezüglich Störungen von anderen Kommunikationssystemen gelten dieselben Einschränkungen wie bei der Installation von WLAN-Anlagen in Gebäuden.

Hinsichtlich der Vereinbarkeit urbaner Seilbahnen mit Antennenanlagen wird demzufolge zur Klärung bzw. Berücksichtigung der Lage von ILS-Landesystemen und Richtfunkstrecken bei der Planung der Seilbahnanlagen geraten.

7. Literatur- und Quellenverzeichnis

1. Frey, Schopf, Winder: Energieeffiziente neue Mobilität in Wien; TU Wien; 2014
2. <http://www.umweltbundesamt.at/umweltsituation/energie/effizienz/effizienzverkehr/>, 2016-03 23
3. Institut für Elektrische Anlagen der TU Graz, Projekt: „Will e-fahren“, 2016
4. <http://www.forschungsinformationssystem.de/servlet/is/79638/>
5. L. Fickert, Elektrische Energiesysteme 1, Skriptum TU Graz, 2014

Vergleich der Wirtschaftlichkeit alternativer Verkehrsmittel im ÖPNV

Sebastian KUMMER*

1. Grundlagen des Wirtschaftlichkeitsvergleichs

Zur Erstellung eines Basisszenarios wurden die Kostendaten für die unterschiedlichen Verkehrsträger gesammelt, indem Veröffentlichungen über vergleichbare Projekte ausgewertet und Fachgespräche geführt wurden. Daraus erfolgte die Berechnung der Investitionen, der Betriebskosten und der Gesamtkosten für die öffentlichen Verkehrsmittel U-Bahn, Straßenbahn und Bus. Im Anschluss konnten die Kosten der unterschiedlichen Verkehrsmittel miteinander verglichen werden. Als Beispiel für die wirtschaftlichen Vergleiche diente ein Szenario für eine urbane Seilbahn in Linz, die von einer Park and Ride Anlage an der Peripherie in die Innenstadt führt. Die Strecke ist 5 km lang und geht von einer Park and Ride Anlage an der in die Innenstadt (beide Richtungen)

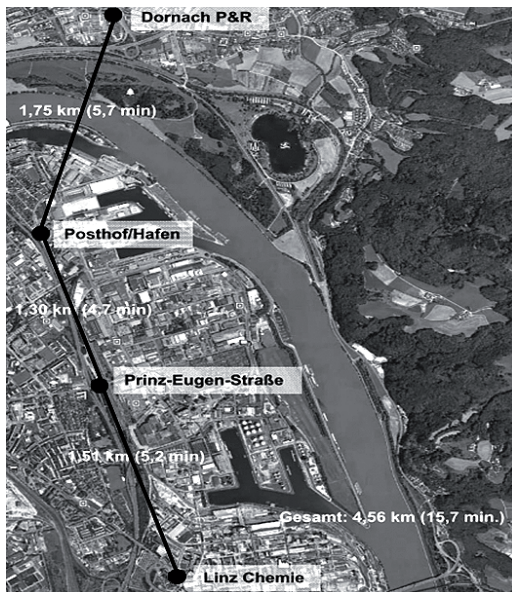


Abbildung 1: Urbane Seilbahn in Linz (Szenario)

Testlinie 2 „Dornach – Linz Chemie“

Typ: Dreiseil-Umlaufbahn (3S)

Spurweite Strecke: 11 m

Förderleistung: 4000 P/hd

Fahrzeugabstand: 204 m

Fahrzeit: 15,7 min

Fahrgeschwindigkeit: 7,5 m/s

Fahrzeuganzahl: 81

Fahrzeugfolgezeit: 27 s

Übersicht der Teilstrecken

	Abschnitt 1 Dornach – Posthof	Abschnitt 2 Posthof – Pr.-Eugen-Str.	Abschnitt 3 Pr.-Eugen-Str. – Linz Chemie
Fahrgeschwindigkeit	27,0 km/h	27,0 km/h	27,0 km/h
Förderleistung	4000 P/hd	4000 P/hd	4000 P/hd
Schräge Länge	1764 m	1309 m	1519 m
Horizontale Länge	1755 m	1298 m	1509 m
Höhenunterschied	16 m	9 m	7 m
Fahrzeit	4,2 min	3,2 min	3,7 min

Abbildung 2: Urbane Seilbahn in Linz (Zahlen & Daten)

Ein Streckenneubau wäre dabei relativ einfach umsetzbar, da die Strecke großteils auf öffentlichen Flächen, neben der Autobahn und der Eisenbahn trassiert werden kann und dabei entsprechend gestaltbar ist, v.a. die Stützen und die Trassierung entlang der Autobahn ist gestaltbar. Da die Strecke an eine P&R – Anlage anknüpft wird v.a. der Pendlerverkehr angesprochen, da eine deutliche Zeit- und Wegersparnis zum Hafen und zur Chemie Linz erfolgt. Zielgruppe ist v.a. der Individualverkehr aus dem Mühlviertel – auch wenn die Mühlkreisautobahn in dieser Fahrtrichtung wenig Staus aufweist. Die Haltestelle Posthof wiederum knüpft an verschiedene Kulturinitiativen an, die der Posthof beherbergt. Außerdem ist der Ausbau der Hafencity mit schrittweiser Zuschüttung des Hafenbeckens geplant, es wird ein Wohngebiet von 10.000 Personen entstehen, das mit der urbanen Seilbahn erschlossen werden kann – eine Straßenbahn jedoch rechnet sich nicht. Nachteilig sind das relativ kleine Einzugsgebiet und ein nicht allzu großes Verlagerungspotential von der Mühlkreisautobahn.

Für die wirtschaftlichen Vergleiche dieses Szenarios werden Bus, Straßenbahn, U-Bahn und Seilbahn herangezogen. Die Beförderungskapazität wird gemäß den Linzer Verhältnissen pro Richtung auf 10.000 – 20.000 Personen/Tag (Sonntag/Feiertag 70%) in der Zeit von 5 -24 Uhr, d.i. eine Taktzeit von 5 bis 15 min eingegrenzt. Der Zeitraum der wirtschaftlichen Betrachtung beträgt 30 Jahre, wobei bei der U-Bahn noch ein Restwert anzusetzen ist. Die Nachfrageverteilung folgt der dargestellten Tagesganglinie:

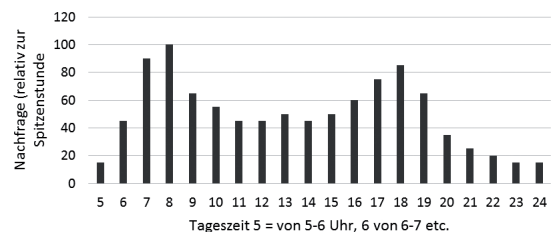


Abbildung 3: Typische Nachfrage im ÖPNV

2. U-Bahn-Kosten

Verglichen wird eine 5 km zweigleisige unterirdische U-Bahn Strecke mit sechs Haltestellen, jeweils mit einem Stationsabstand von etwa einem Kilometer. Die U-Bahn wird fahrerlos verkehren, da nahezu alle jüngeren U-Bahn Neu-

bauten als fahrerlose Systeme realisiert werden, z.B. Metro Kopenhagen oder U5 in Wien). Das theoretisch kleinste Intervall beträgt 90 Sekunden, für den Vergleich wird jedoch ein Fahrabstand von mindestens fünf Minuten herangezogen - wegen der Vergleichbarkeit zu anderen Systemen. Weitere Voraussetzung ist, dass die benötigten Grundstücke für den U-Bahn Bau von der öffentlichen Hand kostenlos zur Verfügung gestellt werden. Für die Personalkostenberechnung wird nur der Mehraufwand für die Strecke herangezogen (Overhead nahezu Null).



Abb. 4: Beispiel für Haltestelle einer fahrerlosen U-Bahn – hier Nürnberg

2.1 Infrastrukturkosten

Die herangezogenen Eckdaten für die Infrastrukturinvestitionen innerhalb Europas sind:

- Wien U2 Aspernstraße – Aspern, Länge 4,2 km, 4 Stationen Kosten: 360 Mio. (Oberfläche)
- Wien U1 Reumannplatz – Oberlaa, Länge 4,6 km, 5 Stationen, Kosten 600 Mio.
- Wien U5 Rathaus – Elterleinplatz, 4 Stationen, Kosten 720 Mio., Fahrerlos
- Nürnberg U3, Länge 7 km, 11 Stationen, Kosten 470 Mio., Fahrerlos, (360 Mio. Bau, 110 Mio. Leittechnik).

Davon abgeleitet gilt die Grundaussage für U-Bahnen: Ein Kilometer U-Bahn in Tunnelbauweise unter bewohntem Gebiet kostet in etwa 80-120 Millionen Euro. Bei diesem Wert sind bereits Zugsicherungs- und Leittechnik sowie der Stationsbau mit berücksichtigt.

2.2 Investitionen und Kosten für U-Bahn Fahrzeuge

Der errechnete Platzbedarf von maximal 313 Personen/Fahrzeug kann mit Fahrzeugen mit 40m wie zum Beispiel mit allen Fahrzeugtypen der Nürnberger U-Bahn oder den Wiener Straßenbahnen des ULF Typ B (längere Variante) erreicht werden. Zum Vergleich: Das Aufkommen in Wien beträgt bis ca. 250.000 Fahrgäste/Station und Tag und bis zu 800 Fahrgäste/Fahrzeug bei einem 2,5 – 8 Minuten Takt. Für den Vergleich wurde ein Zug von Siemens („INSPIRO“) gewählt:

tion und Tag und bis zu 800 Fahrgäste/Fahrzeug bei einem 2,5 – 8 Minuten Takt. Für den Vergleich wurde ein Zug von Siemens („INSPIRO“) gewählt:

- Zugkapazität 480 Passagiere (Sitz und Stehplätze)
- Spurweite 1435 mm
- Höchstgeschwindigkeit. 80km/h.

Für größere Städte müssen längere U-Bahn Züge gewählt werden, die viel höhere Kapazitäten haben, z.B.: die 6-teilige Version des gleichen Zugs mit einer Kapazität von 1.450 Passagieren.

	Invest. pro km in Mio. €	Kilometer	Invest. in Mio. €	2% Aufschlag (fahrerloser Betrieb)	Gesamtinvest und 2% Aufschlag fahrerloser Betrieb in Mio. €
Schieneinfrastruktur	€ 110	5	€ 550	€ 110	€ 660
Schieneanbindung Werkstatt	€ 5			€ 1	€ 6
	Invest. pro Fahrzeug in Mio. €	Anzahl der Fahrzeuge	Invest. in Mio. €	2% Aufschlag (Fahrerloser Betrieb)	Gesamtinvest. (fahrerloser Betrieb) in Mio. €
Fahrzeuginvest. (2 teilige Züge Siemens "Inspiro")	€ 3	3	€ 9	€ 1	€ 10
Investitionen in Mio. €					€ 676

Tabelle 1: Investitionen und Kosten für U-Bahn Fahrzeuge

Aus diesen Daten ergibt sich für die verschiedenen Takte ein unterschiedlicher Bedarf an Garnituren:

Für einen 15 Minuten Takt: werden 1,5 Garnituren benötigt, d.h. 2 Garnituren und 5 Minuten Wendezeit an den Endstationen, für einen 10 Minuten Takt reichen ebenfalls: 2 Garnituren und für einen 5 Minuten Takt werden 4 Garnituren gebraucht. Umgelegt auf die Beförderungskapazität bedeutet dies, dass bei 20.000 Fahrten in beide Richtungen pro Tag ein 15 Minutentakt notwendig ist und bei bis zu 60.000 Fahrten in beide Richtungen pro Tag ein 5 Minuten Takt möglich ist. Daraus lässt sich ein Bedarf von 3 -5 Garnituren ableiten.

2.3. Personalkosten

	Gehalt	Stundenkosten/Mitarbeiter	Einsatzstunden/Woche	Kosten/Woche	Kosten/Jahr	Kosten/30 Jahre
4 Mitarbeiter Leitstelle	€ 5.000	€ 31	112	€ 3.500	€ 182.000	€ 5.460.000
1 Mitarbeiter Reinigung	€ 3.000	€ 19	42	€ 788	€ 40.950	€ 1.228.500

Tabelle 2: Personalkosten (U-Bahn)

2.4. Wartung, Instandhaltung und Reparatur der Strecke

	Anzahl der Personen	Wartung per Woche	Personalkosten per Tag	Gesamtkosten/Jahr/Kilometer	Gesamtkosten der Strecke (10km)/Jahr
1. Jahr	6	2	200	€ 124.800	€ 1.248.000
2-10 Jahr	6	1	200	€ 62.400	€ 624.000
10 - 30 Jahre	6	1,5	200	€ 93.600	€ 936.000

Tabelle 3: Wartungskosten der Strecke

2.5 Wartung, Instandhaltung und Reparatur der Fahrzeuge

Als Grundlage für die Berechnung der Fahrzeugwartungskosten dient die Berechnung der km-Kosten. Die Wartungskosten ergeben sich aus der Kilometerleistung der Fahrzeuge mit dem Multiplikationsfaktor von 1,51 Euro pro Zugkilometer.

	Fahrten/Tag	Umläufe	Kilometer Umlauf	Kilometer/Jahr	Kilometer/Jahr/Zug	Gesamtwartungskosten/Jahr
10 min Intervall	96	48	480	175200	87600	€ 264.552
15 min Intervall	64	32	320	116800	77867	€ 235.157

Tabelle 4: Wartungskosten der Strecke

2.6 Energieverbrauch und Energiekosten

	Personen km	MJ	KW/h	Kosten
		(0,40 /Pkm ^[1])	insgesamt (1MJ =0,28 KW/h)	0,15 € pro KW/h ^[2]
Gesamt	16.675.000	6.670.000	1.867.600	€ 280.140
Gesamt	33.350.000	13.340.000	3.735.200	€ 560.280

Tabelle 5: Energiekosten (Verweise: 1. <http://www.forschungsinformationssystem.de/servlet/is/342234/> (2.12.2015); 2. Im Privaten Verbrauch schwanken die Kosten von 14-30 cent pro Kw/h, vgl. <http://www.e-control.at/konsumenten/strom/strompreis/was-kostet-eine-kwh>, wir gehen davon aus, dass der U-Bahnbetreiber die Energie günstiger einkaufen kann und rechnen deswegen mit 15 Cent.)

So lässt sich an diesem Beispiel ein Investment von 80-120 Mio. EUR, d.h. im Schnitt von 110 Mio. EUR pro km annehmen, eine Fahrgastfrequenz von 313 Personen/Fahrzeug und ein 10 min -Takt pro Richtung. Daraus ergibt sich ein Erfordernis von 3 -5 Garnituren mit Kosten von ca. 3 Mio EUR pro Person und Fahrzeug, bei einem Gesamtinvestment von 676 Mio. EUR. Für die Betriebskosten werden 4 Mitarbeiter und eine Reinigungskraft eingestellt, sodass für den Betrieb (30 Jahre) der U-Bahn auf dieser Strecke 6,7 Mio. EUR und für die Instandhaltung der zweigleisigen Strecke in 30 Jahren 26,8 Mio. EUR anfallen. Für die Instandhaltung der Fahrzeuge müssen in 30 Jahren in Abhängigkeit vom gefahrenen Takt zwischen 7 und 8 Mio. EUR aufgewendet werden. Die jährlichen Energiekosten für 16,6 Mio. Personenkm/Jahr schlagen mit 280.140 EUR zu Buche, bei höherer Personenkm-Zahl steigen die Kosten linear.

3. Straßenbahn-Kosten

Es ist auf Grund sehr unterschiedlicher Verhältnisse relativ schwierig, einheitliche Kosten für die Errichtung von neuen Straßenbahnlinien festzustellen, wie die folgenden Beispiele zeigen. Die vier Kilometer lange Süd-West-Strecke in Graz dürfte 90 Millionen Euro kosten, das sind 22,5 Mio. € pro km (<http://kurier.at/chronik/oesterreich/plan-fuer-neue-strassenbahn-bald-fertig-aber-geld-fuer-bau-fehlt/78.415.941>, 3.12.2015).

Die Line 4 in Linz vom Bulgariplatz über das Franckviertel entlang der Gruberstraße über die Eisenbahnbrücke bis zum Mühlkreisbahnhof mit einer Klänge von 4,7 km soll 280 bis 300 Mio. € kosten, das sind 59,6 bis 63,8 Mio. € pro km. Ein anderes Beispiel betrifft den Straßenbahnbau in Frankfurt für eine Strecke von 3,5 km sind 55 Mio. € veranschlagt, das sind 15,71 Mio. € pro km. Eine Verlängerung dieser Linie um 1,1 km soll überhaupt nur 20 Mio. € kosten, das sind nur 18,18 Mio. € pro km. (<http://www.fnp.de/lokales/frankfurt/Ringbahn-wirft-viele-Fragen-auf;art675,1658572>, 3.2.2015). Als Vergleichswert für Investitionskosten für die Straßenbahninfrastruktur werden Werte zwischen 15 und 25 Mio.€ pro km angenommen, allerdings unter schwierigen Umständen z.B. Brücken deutlich mehr.

3.1 Investitionen für Infrastruktur und Fahrzeuge von Straßenbahnen

		3min Takt	3,5min Takt	4min Takt	5min Takt	6 min Takt	7,5 min Takt	10min Takt	15min Takt
Strecke und Haltestellen (in Mio. €)	20 pro km	€ 100	€ 100	€ 100	€ 100	€ 100	€ 100	€ 100	€ 100
Fahrzeuge		16,5	14,1	12,38	9,9	8,25	6,6	4,95	3,3
Fahrzeuginvestition (in Mio. €)	3,5 pro Fahrzeug	57,75	49,50	43,31	34,65	28,88	23,10	17,33	11,55
Gesamt in Mio. €		157,75	149,50	143,31	134,65	128,88	123,10	117,33	111,55

Tabelle 6: Investitionskosten (Straßenbahn)

3.2 Kostenrechnung Straßenbahn

In EURO	Für ein Fahrzeug	3min Takt	3,5min Takt	4min Takt	5min Takt	6min Takt	7,5 Min Takt	10min Takt	15min Takt
Jahreskilometerleistung	66.924	1.003.860	860.451	752.895	602.316	501.930	401.544	301.158	200.772
Abschreibung pro Jahr	116.667	1.925.000	1.650.000	1.443.750	1.155.000	962.500	770.000	577.500	385.000
Fremdkapitalzinsen Fahrzeug 5%	87.500	1.443.750	1.237.500	1.082.813	866.250	721.875	577.500	433.125	288.750
Versicherung pro Jahr	15.000	247.500	212.143	185.625	148.500	123.750	99.000	74.250	49.500
Sonstige Kosten	5.000	82.500	70.714	61.875	49.500	41.250	33.000	24.750	16.500
Summe	224.167	3.698.750	3.170.357	2.774.063	2.219.250	1.849.375	1.479.500	1.109.625	739.750
variable Kosten (kilometerabhängig)									
Instandhaltung Fahrzeug und Reinigung	66.924	1.003.860	860.451	752.895	602.316	501.930	401.544	301.158	200.772
Energiekosten		1.022.406	869.526	776.342	625.791	526.630	427.484	328.330	229.177
Instandhaltung Strecke	285.000	570.000	498750	427500	356.250	285.000	242250	228000	213750
Abschreibung Infrastruktur		3.333.333	3.333.333	3.333.333	3.333.333	3.333.333	3.333.333	3.333.333	3.333.333
Fremdkapitalzinsen Infrastruktur 5%	2.500.000	2.500.000	2.500.000	2.500.000	2.500.000	2.500.000	2.500.000	2.500.000	2.500.000
Personalkosten Fahrer	160.080	2.261.130	1.955.977	1.740.870	1.390.695	1.200.600	980.490	850.425	700.350
Administrationspersonal		45.000	45.000	45.000	45.000	45.000	45.000	30.000	30.000
Gesamtkosten		14.434.479	13.233.395	12.350.003	11.072.636	10.241.876	9.409.602	8.680.872	7.947.133

Tabelle 7: Kostenrechnung Straßenbahn

An Hand verschiedener Beispiele lassen sich die Kosten für die Straßenbahninfrastruktur mit 15-25 Mio. EUR pro km beziffern. Diese Kosten steigen jedoch bei schwierigen Verhältnissen (Brücken, Tunnels) stark an. (Dies ist z.B. bei der derzeit in Linz geplanten neuen Straßenbahnlinie der Fall,

wo – ohne Brückenneubau (ca.100 Mio. EUR) - mit 280 bis 300 Mio. EUR Investition gerechnet wird, weil die neue Linie großteils unterirdisch geführt werden soll). Für das o.a. Vergleichsszenario bedeutet das, dass im Schnitt mit 100 Mio. EUR an Infrastrukturkosten zu rechnen ist. Die Investitionen in die Fahrzeuge erstrecken sich von 11,55 Mio. EUR bei einem 15 min Takt bis zu 57,75 Mio. EUR bei einem 3 min Takt. Bei einem Fixkostenanteil von ca. 740.000 EUR ergeben sich für einen 15min Takt Gesamtkosten von 7,95 Mio. EUR pro Jahr, bei einem 3 min Takt von 14,43 Mio. EUR pro Jahr, wobei der Fixkostenanteil nur 3,9 Mio. EUR beträgt.

4. Buskosten

4.1 Investitionen für eine Lösung mit dem Bus (Kapazität gesamt 128 Personen pro Bus)

	2,5min Takt	5min Takt	10min Takt	15min Takt
Kapazität pro Tag	19.000	10.000	5.000	4.000
Benötigte Busse	19 Busse	10 Busse	5 Busse	4 Busse
Investition	€ 6.080.000	€ 3.200.000	€ 1.600.000	€ 1.280.000
Busgarage	€ 1.140.000	€ 600.000	€ 300.000	€ 240.000
Haltestellen	€ 420.000	€ 420.000	€ 420.000	€ 420.000
Busse	€ 6.080.000	€ 3.200.000	€ 1.600.000	€ 1.280.000
Gesamt	€ 7.640.000	€ 4.220.000	€ 2.320.000	€ 1.940.000

Tabelle 8: Investitionskosten (Bus)

4.2 Betriebskostenrechnung Bus

Jahreskilometerleistung	66.924
Abschreibung durchschnittlich in 10 J.	33.000
Fremdkapitalzinsen 5 %	8.250
Versicherung pro Jahr	6.000
Sonstige Kosten	5.000
Summe	62.700

Variable Kosten (kilometerabhängig)

Reparaturkosten pro Jahr	9.000
Reifenkosten pro Jahr	2.500
Reifenlaufleistung	80.000
Spritverbrauch pro 100 km	30
Treibstoffpreis pro Liter	1
Treibstoffkosten pro km	0,3
Reparaturkosten pro km	0,13
Reifenkosten pro km	0,03
Summe je km	0,56

Tabelle 9: Betriebskosten (Bus)

4.3 Personalkosten (Fahrer + 1 Administration bis 10 Min. Takt, 2 Administration ab 5 Min Takt)

	2,5 min Takt	5min Takt	10 min Takt	15 min Takt
Fahrerkosten für 4 Busse	700.350	700.350	700.350	2.101.050
Fahrerkosten für 5 Busse	870.435	870.435	870.435	2.611.305
Fahrerkosten für 10 Busse	1.391.136	1.391.136	1.391.136	4.173.408
Fahrerkosten für 20 Busse	3.835.080	3.835.080	3.835.080	11.505.240
Fahrerkosten für 25 Busse	3.411.705	3.411.705	3.411.705	10.235.115

Tabelle 10: Personalkosten (Bus)

Bei Bussen fallen nur die Kosten für Haltestellen und Busgaragen als zuzurechnende Infrastrukturkosten an, die Fahrzeuge kosten zwischen 1,28 (15min Takt) und 6,1 (2,5 min Takt) Mio. EUR, wodurch Gesamtkosten von 1,94 Mio. EUR (15 min Takt) und 7,64 Mio. EUR (2,5 min Takt) entstehen. Bei einer Jahreskilometerleistung von knapp 67.000 km und einer Abschreibungsdauer von 15 Jahren fallen Kilometerkosten von 0,56 EUR pro km an. Die Personalkosten variieren von 700.350 EUR pro Jahr bei 4 Bussen im 15 min Takt bis 10,24 Mio. EUR bei 25 Bussen im 2,5 min Takt. Zusammenfassend hängen die Kosten des Busverkehrs sehr stark von der Zahl der Beförderungsfälle ab, d.h. der Busverkehr im 15 min Takt weist niedrige Kosten aus, hat aber nur eine Beförderungskapazität von 4000 Pers/Tag, bei 20.000 Personen/Tag ist ein 2,5 min Takt erforderlich, der wesentlich höhere Gesamtkosten verursacht und an die Grenzen der Realisierbarkeit stößt.

5. Kosten der urbanen Seilbahnen

5.1 Schätzung der Investitionen und der Abschreibungen der Seilbahnen auf Basis der o.a. Vergleichsstrecke

in €	Investitionen	Jährliche Abschreibungen
Seilbahntechnik (15 Jahre)	88.500.000	5.900.000
Hoch- und Tiefbau (30 Jahre)	35.400.000	1.180.000
Gesamt	123.900.000,00	7.080.000

Tabelle 11: Investitionskosten (Seilbahn)

5.2 Schätzung der Personalkosten der Seilbahnen

Automatisierter Betrieb		Traditioneller Betrieb	
Anfangsstation	2	Anfangs- und Endstation	4
Endstation	2	Zwischenstation	4
Betriebsleiter	1	Betriebsleiter	1
Springer	2	Springer	2
Mitarbeiter	7	Mitarbeiter	11
Mitarbeiterstunden	7250	Mitarbeiterstunden	7250
Stundensatz	30	Stundensatz	30
Kosten für Strecke	1.522.500		2.392.500

Tabelle 12: Personalkosten (Seilbahn)

5.3 Schätzung der Gesamtkosten der Seilbahnen

	traditionell	automatisiert
Abschreibungen Seilbahntechnik	5.900.000	5.900.000
Abschreibung Hoch- und Tiefbau	708.000	708.000
Finanzierung	3.097.500	3.097.500
Versicherung	40.000	40.000
sonstige Kosten	10.000	10.000
Energiekosten	740.000	740.000
Wartung	300.000	300.000
Personalkosten	2.392.500	1.522.500
Gesamtkosten	13.188.000	12.318.000

Tabelle 13: Gesamtkosten (Seilbahn)

Für das oben behandelte Szenario betragen die Investitionskosten für eine urbane Seilbahn (Stationen, Seilbahntechnik) insgesamt knapp 124 Mio. EUR, bei jährlichen Abschreibungen von ca. 7,1 Mio. EUR. Bei automatisiertem Betrieb fallen ca. 1,52 Mio. EUR/Jahr, bei konventionellem Betrieb ca. 2,4 Mio. EUR/Jahr an, sodass die jährlichen Gesamtkosten (inkl. Abschreibung und Finanzierung) für diese urbane Seilbahn zwischen 12,3 Mio. EUR und 13,2 Mio. EUR liegen.

6. Wirtschaftlichkeitsvergleich

Im mitteleuropäischen ÖV gilt als Faustregel, dass eine Straßenbahnlinie ab etwa 4.000 Fahrgästen pro Werktag wirtschaftlicher als eine Buslinie ist. Bei circa 30.000 bis 40.000 Fahrgästen je Tag ist jene Grenze erreicht, bei der ein U-Bahnbetrieb betriebswirtschaftlich sinnvoller ist. Beim wirtschaftlichen Vergleich der unterschiedlichen Verkehrsmittel können verschiedene Kriterien für die Beförderungskapazität verwendet werden:

- Geringstmögliche ökonomisch tragfähige Kapazitätsauslastung pro Verkehrsmittel
- Durchschnittliche Kapazitätsauslastung
- Maximale Kapazitätsauslastung.

Obwohl die Berechnung mit der maximalen Beförderungskapazität am einfachsten ist, soll für das Beispiel des angenommenen Linzer Szenarios die durchschnittliche Auslastung unter den Linzer Verhältnissen genommen werden, wobei neben der Strecke auch sämtliche benötigten Kabinen und Fahrzeuge einschließlich Personal, Werkstatt und Wartung sowie Reduktionen an Wochenende und in Ferienzeiten berücksichtigt wurden.

Bei diesem Vergleich der verschiedenen Verkehrsmittel am Linzer Beispiel zeigt sich, dass der Bus grundsätzlich das betriebswirtschaftlich günstigste

Verkehrsmittel ist, allerdings bei einer Beförderungskapazität von mehr als 1000 Personen/h an die Grenzen der Realisierbarkeit stößt.

Sowohl bei den Investitionen als auch bei den Gesamtkosten sind die Straßenbahn und die Seilbahn vergleichbar. Müssen beim Bau der Straßenbahn hohe Investitionen, z.B. Brückenbau oder auch eine unterirdische Führung getätigt werden ist die Seilbahn in der Regel günstiger. Beim Vergleich der urbanen Seilbahn (3 S-Bahn) mit einer Straßenbahn zeigen sich unter gleichen Verhältnissen ab einer Beförderungskapazität von 2000 Personen/h annähernd gleiche Gesamtkosten, die bei automatisiertem Betrieb der Seilbahn sogar etwas günstiger liegen können, wobei aufgrund des fixkostenähnlichen Charakters der Kosten der Seilbahnlösung diese vor allem bei größeren Nachfragemengen und dann, wenn die Nachfrage besonders gleichmäßig verteilt ist, sowie wenn aufgrund der Topographie eine kürzere Streckenführung möglich ist, vorteilhaft ist.

Fahrgäste/ Kunden (2,5 Fahrten)	3000	6000	9000	12000	15000	18000	21000	24000
Einzelfahrten	7500	15000	22500	30000	37500	45000	52500	60000
Spitzenstunde in eine Richtung	500	1000	1500	2000	2500	3000	3500	4000
Taktzeiten in Spitzenzeit bei Bus	13,8	7,0	5,0	3,5	3,0	2,5	2,0	1,7
Taktzeiten in Spitzenzeit der Straßenbahn	15,0	10,0	7,5	6,0	5,0	4,0	3,5	3,0
Kosten Bus	1.066.477	1.460.509	1.916.918	2.643.072	3.467.996	4.017.229	4.566.462	5.372.309
Kosten Straßenbahn	7.947.133	8.680.872	9.409.602	10.241.876	11.072.636	12.350.003	13.233.395	14.434.479
Kosten 3 D Seilbahn	10.323.010	10.753.135	11.201.182	11.667.898	12.154.061	12.660.480	13.188.000	13.715.520
Kosten 3 D Seilbahn automatisiert	9.642.010	10.043.761	10.462.251	10.898.178	11.352.269	11.825.280	12.318.000	12.810.720
Annahme 15 % kürzerer Weg	8.923.899	9.295.728	9.683.050	10.086.511	10.506.782	10.944.564	11.400.588	11.856.611

Tabelle 14: Gesamtkosten bei 10.000 Fahrgästen pro Tag bei niedriger Investition in Straßenbahn und Seilbahn

Bei einer Beförderungskapazität von 5000 Personen/h und einer Transportentfernung von mehr als 5 km endet jedoch die verkehrliche Sinnhaftigkeit wegen der langen Fahrzeit bei der zum Vergleich herangezogenen 3 S-Bahn, während die Beförderungskapazität und die Streckenlänge der Straßenbahn grundsätzlich noch wesentlich darüber hinaus gehen kann, auf eigenem Gleiskörper auf bis zu 15.000 Personen/h. Für den wirtschaftlichen Vergleich mit den Seilbahnen ist es allerdings nicht zweckmäßig, eine Kapazität der Straßenbahn anzunehmen, die über die Kapazität der Seilbahn hinausgeht, weil dann wegen der Leistungscharakteristik sowieso nur eine Straßenbahn in Frage kommt.

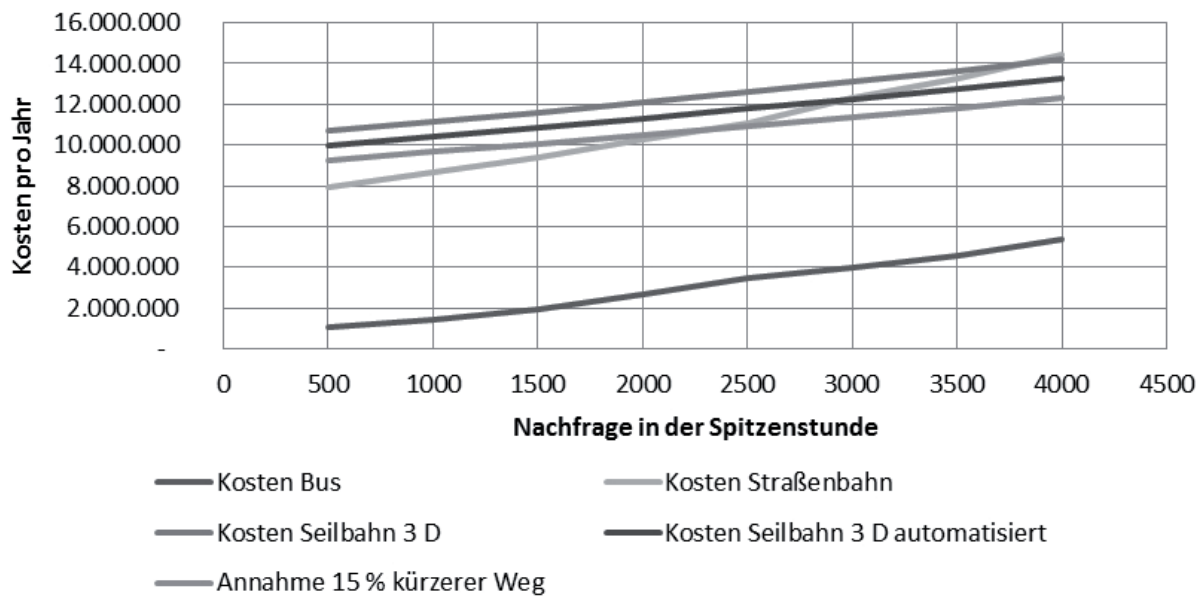


Abbildung 5: Vergleich der Gesamtkosten (Ohne externe Kosten)

*) unter Mitwirkung von Andreas KARPFF, Bernhard LÖW, Markus MANSEDER, Mario MAURER, Dejan PEJIC, Philipp SRAJER, Dietmar STEINLECHNER, Thomas ZEILINGER

Wir stellen vor

Neues aus Paul Pietsch Verlage, Hauptstätter Straße 149, D-70178 Stuttgart, www.paul-pietsch-verlage.de

Deutsche Kriegslokomotiven - 1939 bis 1945

Alfred B. GOTTWALDT

Dieses Buch ist ein „historischer Klassiker“ der deutschen Eisenbahnliteratur. Als einer der ersten Autoren setzte sich Alfred B. Gottwaldt mit der Produktion der Kriegslokomotiven in Deutschland während der Zeit des Zweiten Weltkriegs auseinander. In ungewohnter Zusammenarbeit mussten die Deutsche Reichsbahn - DR, Lokomotivfabriken, das Rüstungsministerium und die Deutsche Wehrmacht zahlreiche eisenbahn- und herstellungstechnische Probleme lösen, damit die Produktion auf 500 Lokomotiven pro Monat gesteigert werden konnte. Für diese Ausgabe wurde dem Werk eine ausführliche Einleitung vorangestellt, die sowohl das Leben und Werk von Alfred B. Gottwaldt entsprechend würdigt und auch den aktuellen Forschungsstand zum Thema Kriegslokomotiven skizziert.

Das vorliegende Werk umfasst 152 Seiten sowie 83 s/w-Abbildungen und 50 Zeichnungen.

Rekorde auf der Schiene - Die schnellsten Loks der Welt

Thomas ESTLER

Hohe Geschwindigkeiten faszinieren die Menschen und werden mit Fortschritt verbunden, ein geringes Tempo wird oft als Stillstand, zumindest als Rückschritt, empfunden. Diese Tatsache gilt auch für die Eisenbahn, die seit ihrem Anbeginn das Leben der Menschen erheblich beschleunigte. Gab es in der Urzeit der Eisenbahn noch einige Vorbehalte gegen die wachsende Geschwindigkeit der Züge, so fanden die Passagiere zunehmend Gefallen an den kurzen Reisezeiten. Dieser Umstand führte auch bei den Eisenbahngesellschaften und in der Lokomotivindustrie zu „einer wahren Jagd“ nach immer neuen Geschwindigkeitsrekorden, um damit beim p.t. Publikum „punkten zu können“. Dieser Band des Fachbuchautors Thomas Estler kombiniert sowohl die Geschichte als auch die Moderne der schnellen Lokomotiven mit sehr vielen Details und beschreibt im einzelnen die Rekord-Loks von den Anfängen der Eisenbahn bis zur Gegenwart.

Das vorliegende Werk umfasst 160 Seiten sowie 73 s/w-Abbildungen und 114 Farbbilder.

Luffahrtsgeschichte aus dem Motorbuch Verlag

MI-24

Michael NORMANN

Der Mi-24 (russisch Миль Ми-24, NATO-Code-name: Hind, Hirschkuh) ist ein in der Sowjetunion entwickelter Kampfhubschrauber des Hubschrauberherstellers Mil. Die sowjetischen bzw. russischen Piloten bezeichn(et)en ihre Maschinen als летающий танк (letajuschtschi tank, Fliegender Panzer) oder крокодил (Krokodil, aufgrund des Tarnfarbenmusters) sowie стакан (stakan, Glas, wegen der großflächigen Cockpitverglasung). Ungewöhnlich für einen Kampfhubschrauber ist die Fähigkeit des Mi-24, auch Truppen transportieren zu können. Entwickelt Ende der 1960er-Jahre mauserte sich das Hubschrauber-Muster bald zum Albtraum westlicher Militärstrategen, denn die „brachiale Gewalt“ der Maschine war allem überlegen, was die NATO an Hubschraubern zu bieten hatte. Die Mi-24 bekam im Westen bald den Spitznamen „fliegender Schützenpanzer“, denn die Mi-24 konnte acht voll ausgerüstete Soldaten transportieren. Dieses Werk des Fachbuchautors Michael Normann ist ein „Leckerbissen“ für Fans der Militärluffahrt

Das vorliegende Werk umfasst 208 Seiten sowie 62 s/w-Abbildungen und 198 Farb-bilder.

Warbirds - Fliegende Legenden

Andreas ZEITLER

Der englische Begriff Warbird bezeichnet seit den 1970-er Jahren restaurierte Militärflugzeuge. In der Regel sind dies propellergetriebene Jagdflugzeuge aus der Zeit des Zweiten Weltkriegs. Manchmal wird dieser Begriff auch auf historische Jagdflugzeuge aus anderen Epochen ausgedehnt, wodurch der Begriff Warbird („Kriegsvogel“) besser beschrieben wird. Exemplarisch lassen sich Jagdflugzeuge, Kampfflugzeuge, Bomber, Düsen- und Aufklärungsflugzeuge aufzählen. Namen wie Spitfire, Mustang, Focke Wulf oder der letzte noch fliegende Avro Vulcan sind nur einige dieser „fliegenden Legenden“, die auf Flugshows rund um den Globus stets viele Zuschauer anlocken imstande sind. Der Fachbuchautor Andreas Zeitler reist seit Jahren um die Welt und fotografiert Warbirds, nunmehr kann er eine beachtliche Gesamtschau dokumentieren, die in dem nun vorliegenden Bildband präsentiert wird. Der Fokus liegt dabei auf dem reichlichen Bildmaterial, das durch technische Daten und einen kurzen Ab-

riss der Historie sowie den Verbleib der jeweiligen Maschine abgerundet wird.

Das vorliegende Werk umfasst 192 Seiten und 238 Farbbilder.

Neues aus der Eisenbahn-Kurier-Verlag GmbH, Lörracher Straße 16, D - 79115 Freiburg/Breisgau, alexandra.weber@eisenbahn-kurier.de; www.eisenbahn-kurier.de

Die letzten Altbaueloks der DB. Band 1: Die Baureihen 104, 116, 117, 118, 119, 132, 144, 144.5 und 145

Frank LÜDECKE

Als die Deutsche Bundesbahn – DB am 1. Januar 1968 ihr neues Nummernschema einführte, befanden sich in ihrem Betriebsbestand noch zahlreiche Elloks der Vorkriegsbaujahre. Zum Teil waren diese Lokomotiven, wie etwa die Baureihe 132, bereits weit über 40 Jahre alt und dementsprechend veraltet und betriebstechnisch verbraucht, abgesehen von ihrem altertümlichen Erscheinungsbild mit Stangenantrieb, der wenig Fortschritt symbolisierte. Diese Lokomotiven erbrachten nur noch untergeordnete Leistungen. Andere Vorkriegsbauarten, etwa die als formschön angesehene Reihe 118 und die markante 194, waren Ende der sechziger Jahre für den schweren und hochwertigen Zugdienst noch unverzichtbar. In den zwei Jahrzehnten ab 1968 bis zum endgültigen Abschied von den Vorkriegsbauarten im Jahr 1988 bot sich auf dem Netz der DB ein überaus buntes Bild viele Altbauelock-Biotope die zahlreiche Eisenbahnfreunde und Enthusiasten „an die Strecke“ zu locken vermochten. Der Fachbuchautor Frank Lüdecke dokumentiert diese, in der Nachbetrachtung faszinierende Epoche der DB mit technischen Daten, Einsatzgeschichten, Lebensläufen (Fabrikdaten, Beheimatungen, Ausmusterung und Verbleib) und einem umfangreichen Bildteil mit vielen Motiven bekannter Bildautoren. Band 1 befasst sich mit den Baureihen 104 bis 145. Band 2 mit den Baureihen 152 bis 194, denn die Fortsetzung folgt.

Das vorliegende Werk umfasst 216 Seiten und 372 Abbildungen, teilweise in Farbe.

Regiebahn. Reparationen, Besetzung, Ruhrkampf, Reichsbahn. Die Eisenbahnen im Rheinland und im Ruhrgebiet

Klaus KEMP

Nach dem für das Deutsche Reich verlorenen gegangenen Ersten Weltkrieg verlangten die Siegermächte von Deutschland eine Wiedergutmachung

für die angerichteten Schäden, zuallererst in Form von Eisenbahnmaterial, später auch in Form von Geldzahlungen sowie durch die Lieferung von Kohle, Koks und sonstigen Industrieerzeugnissen. Um sicher zu gehen, dass Deutschland auch zahlen bzw. liefern werde, besetzten die Alliierten das Gebiet links des Rheins, vom Niederrhein bis zur Pfalz. Die Eisenbahnen wurden von der alliierten Feldeisenbahn-Kommission überwacht. Als Deutschland mit seinen Zahlungen in Verzug geriet, bemächtigten sich zwei der vier Siegermächte (Alliierten) des Ruhrgebietes, seiner Zechen und seiner Eisenbahnen, um die Produktion der Bergwerke zu überwachen sowie um Koks und Kohle abtransportieren zu können. Die im Jahre 1920 gegründeten staatlichen Reichseisenbahnen wurden im Jahre 1924 in die deutsche Reichsbahn-Gesellschaft - DRG umgewandelt und mit Schuldverschreibungen in Milliardenhöhe zugunsten der Siegermächte belastet. Das vorliegende Buch verknüpft diese nebeneinander, jedoch überaus stark miteinander verwobenen Ereignisse sowohl auf der Ebene der „großen Politik“ als auch durch die Betrachtung einzelner Orte, von Kaiserslautern bis Wesel und von Aachen bis Dortmund.

Das vorliegende Werk umfasst 304 Seiten und ca. 180 Abbildungen.

Alte Meister der Eisenbahn-Photographie. Harald Navé

Alfred LUFT

Wie sein Schulfreund Alfred Luft prägte auch Harald Navé die „Wiener Schule“ der Eisenbahn-Photographie, deren Ziel es war, anstelle von reinen Lokporträts ausgesuchte Maschinen vor Zügen in besonders reizvoller Umgebung zu photographieren (fotografieren). Neben den letzten Dampflokomotiven aus der k. u. k. Zeit galt das Interesse von Harald Navé besonders dem ausländischen Eisenbahnbetrieb. Viele seiner oft auch berufsbedingten Reisen in zahlreiche Länder Europas und nach Übersee konnte er dazu nutzen, die dortigen Bahnen in eindrucksvollen Bildern festzuhalten. So finden sich in seinem umfangreichen Archiv nicht nur Fahrzeuge aus Österreich, sondern zum Beispiel auch aus der Bundesrepublik Deutschland und der DDR, der Schweiz, Frankreich oder Portugal, aber auch von sogenannten exotischen Bahnen in Indien, Indonesien, Australien oder Südamerika. Dieser Bildband setzt dem photographischen Werk des leider viel zu früh verstorbenen Harald Navé ein kleines „photographisches Denkmal“. Eine Auswahl seiner schönsten Bilder aus den fünfziger und sechziger Jahren vermag den Betrachter mit zu einer historischen Eisenbahnreise rund um die Welt zu nehmen.

Das vorliegende Werk umfasst 144 Seiten und ca. 160 s/w-Abbildungen.

EK-Special 123: Die DB vor 25 Jahren - 1991

Das EK-Special zeigt das ereignisreiche Jahr 1991, das von zwei großen Themen geprägt ist. Eines der größten Projekte der DB-Geschichte wurde 1991 mit dem Eintritt in das ICE-Zeitalter vollendet: die Einweihung der nun durchgehend befahrbaren Neubau strecken Hannover - Würzburg und Mannheim–Stuttgart sowie die Aufnahme des Hochgeschwindigkeitsverkehrs mit bis zu 250 km/h mit den neuen ICE-Triebzügen, was auch eine Neuordnung des gesamten Fernverkehrs mit sich brachte. Das zweite große Thema ist das zunehmende Zusammenwachsen von DB und DR. Dazu gehören z. B. weitere Lückenschlüsse zwischen beiden deutschen Bahnen, der Wiederaufbau der Werratalbahn, der Einsatz neuer DR-Elloks im DB-Dienst, die Planung eines gemeinsamen Triebfahrzeug-Nummernsystems und die Vorbereitung der kommenden Bahnreform. In gewohnter Weise präsentiert das Heft den Jahresbericht mit zahlreichen Daten und Fakten, die Triebfahrzeug-Statistik und eine Fülle herausragender Aufnahmen zahlreicher Fotografen, die uns an die einmalige Umbruchszeit von 1991 erinnern.

EK-Themen 55: Die DR vor 25 Jahren - 1991

Die 27. Ausgabe „Die Deutsche Reichsbahn vor 25 Jahren“ widmet sich ganz den großen Veränderungen des Jahres 1991: Dazu gehören die Lückenschlüsse zwischen Thüringen und Bayern, die beschlossenen Verkehrsprojekte „Deutsche Einheit“, die neue Ellok-Baureihe 252 und die Lieferung der Serienloks der Baureihe 230. Die Autoren erinnern an den Abschied von der E 44, die Wiederinbetriebnahme des SVT 137 225 der Bauart „Hamburg“ und berichten über den „Plandampf“, der im Berichtsjahr mit 20 Veranstaltungen „in aller Munde“ war. Beiträge über das neue gesamtdeutsche Tzf-Kennzeichnungssystem und das erste von DB und DR für ganz Deutschland herausgegebene Kursbuch sind ebenso vertreten, wie traditionelle Themen über das Geschehen auf den Schmalspurbahnen mit dem Höhepunkt der Wiedereröffnung der Brocken-Strecke, der Berliner S-Bahn oder der Unfall-Übersicht. Zahlreiche Daten und die obligatorische Beheimatungsstatistik aller Triebfahrzeuge einschließlich der Indienststellungen, Umbauten und Ausmusterungen ergänzen den Jahresrückblick. Hervorragende Abbildungen zahlreicher Fotografen lassen die Erinnerungen an die Reichsbahn des Jahres 1991 noch einmal wach werden.

Die Baureihe 3810-40. Die legendäre preußische P 8

Hans-Jürgen WENZEL

Dem Konstrukteur Robert Garbe gelang mit der Konstruktion der Heißdampflokomotive der Gattung preußische P 8 (Baureihe 3810-40) ein „großer Wurf“. Die Personen-zuglokomotive P 8 bewährte sich so gut, sodass diese von Preußen und verschiedenen anderen Länderbahnen sowie als Nachbaulokomotive von der Deutschen Reichsbahn beschafft wurde. Auch in mehreren west- und osteuropäischen Ländern bewährte sich die P 8 als „Mädchen für Alles“. Insgesamt wurden über 3.900 Exemplare dieses Lokomotivtyps gebaut. Die letzten Exemplare standen bei der DB und DR bis in die siebziger Jahre im Dienst. Das lange Jahre vergriffene, bereits im Jahr 1994 erschienene Baureihen-Buch, erscheint nunmehr als Neuauflage mit überarbeitetem Bildteil und einer Vielzahl neuer Bilder. Mit gewohnt hoher Detailkenntnis beschreibt Hans-Jürgen Wenzel die Geschichte der Baureihe, verfolgt die Bauartänderungen und Umbauten und zeichnet ausführlich die Einsätze der P 8 bei den deutschen Staatsbahnverwaltungen sowie im Ausland nach. Eine Vielzahl bekannter Bildautoren öffneten ihre umfangreichen Archive, auf diese Art und Weise konnte fast lückenlos jede Lokomotive im Bild dokumentiert werden. Eine staatliche Anzahl von Farbaufnahmen vervollständigen das aufwendig recherchierte Baureihen-Porträt.

Das vorliegende Werk umfasst 496 Seiten und ca. 550 Abbildungen.

Die Baureihe 755. Das fleißige Lieschen: Sachsens XIV HT

Dietmar SCHLEGEL, Heinrich HORSTMANN

Zu den bekanntesten sächsischen Tenderlokomotiven gehörte die Baureihe 755. Im Zeitraum von 1911 bis 1921 wurden von der Sächsischen Maschinenfabrik AG vorm. Richard Hartmann in Chemnitz 106 Lokomotiven an die Sächsische Staatsbahn und an die Deutsche Reichsbahn geliefert. Einige Maschinen mussten nach 1919 als Reparationslieferung an Polen und Frankreich abgegeben werden. Im Jahre 1925 waren noch 83 Lokomotiven vorhanden, diese kamen auf fast allen sächsischen Strecken zwischen Zittau und Plauen (Vogtland) zum Einsatz. Ein Schwerpunkt war die Bespannung von Personenzügen im Raum Chemnitz. Nach 1945 führte die Deutsche Reichsbahn noch 89 Lokomotiven der Baureihe 755 im Bestand. Bis zum Jahre 1967 war der Bestand bis auf 40 Maschinen zusammengeschmolzen. Alle Lokomotiven waren in Sachsen verblieben und wurden von den Bahnbe-

triebswerken Chemnitz Hbf. (Karl-Marx-Stadt Hbf.), Glauchau, Falkenstein (Vogtland) und Zittau eingesetzt. Als Museumslokomotiven blieben die 75 501 und 75 515 erhalten.

Das vorliegende Werk umfasst 224 Seiten und ca. 350 Abbildungen.

Eisenbahn-Bildarchiv 68: Die Knödelpresse. Die Baureihe 180

Für den „elektrischen Lückenschluss“ auf der Bahnverbindung Dresden - Prag beschaffte die DR zusammen mit den Tschechoslowakischen Staatsbahnen (ČSD) insgesamt 35 Mehrsystemlokomotiven, die sowohl auf dem 3-kV-Gleichstromnetz der ČSSR als auch auf dem 15-kV-Wechselstromnetz der DDR eingesetzt werden sollten. Die 20 Lokomotiven für die Reichsbahn erhielten die Baureihenbezeichnung 230, die ČSD reihte ihre 15 Maschinen als Baureihe 372 ein. Mit der Gründung der DB AG wurden die ehemaligen Reichsbahn-Maschinen als Baureihe 180 bezeichnet und zusammen mit ihren tschechischen Schwestern im Elbtal eingesetzt. Mit 120 km/h Höchstgeschwindigkeit war die Baureihe 180 nur bedingt im Personenverkehr einsetzbar, daher prüfte man einen Umbau auf 160 km/h. Die Tschechischen Staatsbahnen ČD bauten sechs Maschinen zur neuen Baureihe 371 um, bei der DB blieb es beim Umbau der 180 001. In unserem neuen Bildarchiv stellen wir die technische Entwicklung dieser ehemaligen DR-Baureihe vor und zeigen ihre Einsätze in Deutschland, Tschechien und Polen. Auch ein Blick auf die tschechische Variante fehlt nicht.

Straßen- und Stadtbahnen in Deutschland: Band 17 - Thüringen

Michael KOCHEMS

Thüringen ist das flächenmäßig kleinste der fünf neuen Bundesländer Deutschlands. Gleichwohl gibt es in den Neuen Bundesländern noch fünf Straßenbahnbetriebe, in den Städten Erfurt, Gera, Gotha, Jena und Nordhausen, von denen das Straßenbahnnetz in der Landeshauptstadt Erfurt das kilometermäßig größte ist. Immerhin drei Unternehmen (Erfurt, Jena, Nordhausen) bieten im Planbetrieb zwar nur moderne Niederflurfahrzeuge an, doch sind diese für Straßenbahnfreunde noch lange nicht als langweilig einzustufen. Darüber hinaus gibt es beispielsweise mit der Thüringerwaldbahn, der Straßenbahn Gotha nach Tabarz bzw. Waltershausen und den dieselgetriebenen Combinos der Straßenbahn Nordhausen auf der Harzquerbahn bis Ilfeld auch wirkliche „Thüringer Spezialitäten“ zu bestaunen. Nicht mehr betrieben, aber dennoch nicht vergessen, werden ferner die ehemaligen Straßenbahnbetriebe in Eisenach, Mühlhausen und Weimar.

Das vorliegende Werk umfasst 328 Seiten, ca. 460 s/w-Abbildungen und 35 Farbabbildungen.