

# Die Luftseilbahnen.

Ihre Konstruktion und Verwendung.

Von

**P. Stephan.**

Mit 194 Textfiguren und 4 lithographierten Tafeln.



Springer-Verlag Berlin Heidelberg GmbH

1907.



# Die Luftseilbahnen.

# Die Luftseilbahnen.

Ihre Konstruktion und Verwendung.

Von

**P. Stephan.**

Mit 194 Textfiguren und 4 lithographierten Tafeln.



Springer-Verlag Berlin Heidelberg GmbH 1907

**Additional material to this book can be downloaded from <http://extras.springer.com>.**

ISBN 978-3-662-32355-7                      ISBN 978-3-662-33182-8 (eBook)

DOI 10.1007/978-3-662-33182-8

Softcover reprint of the hardcover 1st edition 1907

**Alle Rechte,  
insbesondere das der Übersetzung in fremde Sprachen,  
vorbehalten.**

## Vorwort.

---

Die vorliegende Einzeldarstellung eines Zweiges der mechanischen Massenbeförderung, der in Deutschland seit über 30 Jahren gepflegt wird, hat es sich zum Ziel gesetzt, nur über das anscheinend so eng begrenzte Gebiet der Luftseilbahnen das Wichtigste mitzuteilen. Da bisher ein zusammenfassendes Werk darüber in deutscher Sprache nicht erschienen ist, so dürfte die Herausgabe auch einem Bedürfnis entsprechen; wenigstens schließt Verfasser dies aus einer Anzahl an ihn gerichteter Zuschriften.

Wie wenig die Luftseilbahnen noch bei uns bekannt sind, in dem Lande, wo sie erfunden wurden und bis zu einer bedeutenden technischen Höhe entwickelt worden sind, kennzeichnet der Umstand, daß kürzlich erst eine Schmalspurbahn von wenigen hundert Metern Länge entstand, für die ein Erddamm mit einem Kostenaufwand von etwa 12 000 Mark gebaut werden mußte, während eine Luftseilbahn bei wesentlich vorteilhafterer Anordnung der Be- und Entladung überhaupt nicht mehr Anlagekosten und bedeutend geringere Betriebsausgaben verursacht hätte. Man ist eben vielfach noch der Meinung, daß die hier zu erörternden Einrichtungen nur für lange geradlinige Strecken in unzugänglichen Gegenden brauchbar sind, wo sie allerdings oft das einzige mögliche Beförderungsmittel darstellen, und weiß nichts von den mannigfaltigen Anwendungen für spezielle Zwecke, die in den letzten 15 Jahren ausgebildet worden sind.

Das Buch soll deshalb den Betriebsleitern, die sich mit der Errichtung einer zeitgemäßen Transportanlage beschäftigen, einige Anregungen und Hinweise geben; es enthält ferner alle für den Entwurf notwendigen Angaben und Einzelheiten. Gerade über letztere bringt die bisherige Literatur mit Ausnahme einer in Dingers polytechnischem Journal 1904 erschienenen Abhandlung des Verfassers, die den Grundstock dieses Werkes bildet, nur wenig; dagegen sind Beschreibungen ausgeführter Anlagen häufig veröffentlicht worden, und ein Teil der folgenden Abbildungen konnte ihnen entnommen werden. Weitere Einzelheiten an Zeichnungen und Beschreibungen wurden dem Verfasser von den meisten auf diesem Sondergebiet tätigen Firmen zur Verfügung gestellt.

Insbesondere haben die folgenden Firmen:

Aerial Ropeways Syndicate Ltd. in London,  
Benrather Maschinenfabrik A.-G. in Benrath,  
Bullivant & Co. in London,  
Carstens & Fabian in Magdeburg-N.,  
Ceretti & Tanfani in Mailand,  
Felten-Guilleaume-Lahmeyerwerke A.-G. in Mülheim-Rhein,  
Neyret-Brenier & Cie. in Grenoble,  
Th. Otto & Comp. in Schkeuditz,  
J. Pohlig A.-G. in Köln-Zollstock,  
The Temperley Transporter Co. Ltd. in London

den Verfasser bei Herstellung des Buches und besonders der Figurenbeigaben durch zum Teil sehr weites Entgegenkommen unterstützt. Ihnen spricht der Verfasser auch an dieser Stelle seinen Dank aus.

Posen, im Februar 1907.

Stephan.

# Inhaltsverzeichnis.

## A. Allgemeine Angaben.

	Seite
<b>I. Ältere Anlagen, die verschiedenen Seilbahnsysteme.</b>	
1. Die ältesten Seilbahnen englischen und deutschen Systems	1
2. Die Blondins	10
3. Telferlinien, elektrische Hängebahnen	10
<b>II. Die Seile und ihre Verbindungen.</b>	
4. Die Spiralseile	11
5. Die verschlossenen Seile (ältere Ausführung)	13
6. Die Simplexseile	16
7. Neue verschlossene Seile	17
8. Die halbverschlossenen Seile	18
9. Die Seilkupplungen	19
10. Die Litzenseile im Albertschlag	20
11. Die flachlitzigen Seile	23
<b>III. Mathematische Untersuchung des ausgespannten Seiles.</b>	
12. Die Kettenlinie, Seilfestwert	24
13. Die Näherungsparabel	27
14. Der Einfluß des Winddruckes	30
15. Der Einfluß der Wagenlasten	32
16. Die Seillänge	33
17. Die Sicherung gegen Abheben von den Stützen	34
18. Die auf das Zugseil übertragbare Leistung	37
19. Die Spannkraft im Zugseil	38

## B. Das englische Seilbahnsystem.

<b>I. Seilbahnen nach Hodgson.</b>	
20. Die Kupplung des Wagens mit dem Seil	42
21. Die Seilbeanspruchung und Seilstärke	44
22. Die Unterstutzung auf der Strecke	45
23. Die Linienführung	48
24. Die Endstationen	50
25. Die Fördergeschwindigkeit und Fördermenge	52
26. Die Antriebsleistung	53
<b>II. Seilbahnen nach Roe.</b>	
27. Die Kupplungsvorrichtung und der Wagen	54
28. Die Unterstützungen	57

	Seite
29. Die Linienführung . . . . .	58
30. Die Endstationen . . . . .	60
31. Besondere Konstruktionsangaben . . . . .	63
<b>III. Seilbahnen mit festen Gefäßen.</b>	
32. Die konstruktive Ausbildung . . . . .	64
33. Die Förder- und Antriebsleistung . . . . .	66
<b>C. Das deutsche Seilbahnsystem.</b>	
<b>I. Zweigleisige Bahnen mit ständig umlaufendem Zugseil.</b>	
34. Die Stärke der Trageile . . . . .	67
35. Die Auflagerschuhe . . . . .	68
36. Die Stützen . . . . .	69
37. Die Zugseiltragrollen . . . . .	80
38. Die Trageilspannvorrichtung . . . . .	81
39. Das Laufwerk der Wagen . . . . .	85
40. Das Wagengehänge . . . . .	87
41. Die Transportgefäße . . . . .	89
42. Die Zugseilkupplungen . . . . .	98
43. Oberseil und Innenspur . . . . .	113
44. Die Linienführung . . . . .	115
45. Die Winkelstationen . . . . .	118
46. Die Endstationen . . . . .	122
47. Die Zwischenstationen . . . . .	129
48. Die Entladung auf freier Strecke . . . . .	132
49. Die Zugseilgeschwindigkeit . . . . .	134
50. Die Zugseilstärke und Antriebsleistung . . . . .	135
51. Die Schutzbrücken und -Netze . . . . .	138
52. Die Hängebahnschienen . . . . .	146
53. Die Hängebahnweichen . . . . .	149
54. Die Hängebahnen in den Endstationen . . . . .	153
55. Hängebahnen für Stapelplätze . . . . .	154
56. Stapelplätze mit Absturzbrücken . . . . .	161
57. Gichtseilbahnen . . . . .	165
<b>II. Bahnen mit hin und her gehendem Betrieb.</b>	
58. Die zweigleisigen Anlagen . . . . .	167
59. Die Berechnung . . . . .	169
60. Die Endstationen . . . . .	170
61. Die eingleisigen Anlagen . . . . .	175
62. Anlagekosten und Rentabilität . . . . .	176
<b>D. Die Blondins.</b>	
63. Die feststehende Anordnung . . . . .	179
64. Die fahrbare Anordnung . . . . .	182
65. Die Bekohlung von Schiffen . . . . .	188



## A. Allgemeine Angaben.

### I. Ältere Anlagen. Die verschiedenen Seilbahnsysteme.

#### 1. Die ältesten Seilbahnen deutschen und englischen Systems.

Die gesamte, bis in alle Einzelheiten durchgebildete Technik der Luftseilbahnen oder, wie man sie in Deutschland meistens nennt, Drahtseilbahnen hat nur ein geringes Alter. Sie entstand mit dem Aufschwung der Industrie in unserm Vaterlande zu Anfang der 70er Jahre. Ältere Nachrichten darüber sind nur spärlich vorhanden und beschreiben dann äußerst primitive Vorrichtungen, die mit den heutigen, keine Schwierigkeiten kennenden Einrichtungen wenig mehr als den Namen gemeinsam haben.

Die älteste zurzeit bekannte Beschreibung einer Seilbahnanlage enthält nach Heusinger von Waldegg ein in Wien aufbewahrter Kodex aus dem Jahre 1411. Aus einer Handschrift des

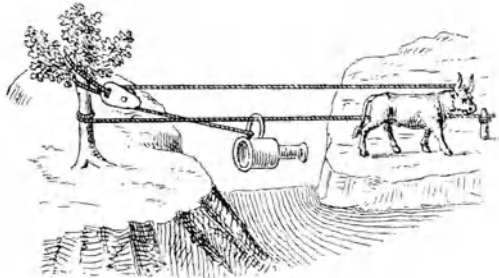


Fig. 1.

Marianus Jakobus Taccola, die etwa um das

Jahr 1430 entstanden ist, gibt Theodor Beck in seinem bekannten Werke „Beiträge zur Geschichte des Maschinenbaues“ die Skizze Fig. 1: „Zwischen einem Baume auf dem linken und einem eingeschlagenen Pflöcke auf dem rechten Flußufer ist ein Seil gespannt, an das eine Bombe mittels eines Ringes gehängt ist. An den Baum ist eine Flasche mit einer Rolle gebunden, über welche ein Zugseil geht, dessen eines Ende an dem Ringe, der die Bombe trägt, befestigt ist, während an dem anderen Ende, welches ebenfalls über den Fluß hinübergeführt ist, die Zugtiere angespannt sind. Gehen diese landeinwärts, so ziehen sie die Bombe über den Fluß, indem der Ring, an welchen sie hängt, über das gespannte Seil hingleitet.“

Anscheinend sind in der Folge Seilbahnen zum Transport von Erde für den Bau von Festungswerken mehrfach projektiert und ausgeführt

worden. In seinem im Jahre 1597 zu Venedig erschienenen Werke „Delle Fortificatione“ schreibt Buonaiuto Lorini am Schluß des Kapitels 9<sup>1)</sup>: „Man kann mit Erde beladene Karren auch noch in anderer Weise fortbewegen, wenn es sich darum handelt, die Erde aus dem Graben zu schaffen, oder sie aus der Kontrescarpe zu nehmen und über den Graben zu schaffen, nämlich auf zwei an starken Stützpfehlen befestigten und durch Handgöpel und Flaschenzüge gespannten Seilen oder sonst etwas, das zur Unterstützung geeignet und leicht transportabel ist. Alsdann müssen jedoch die Räder der genannten Karren etwas breiter sein als gewöhnlich, von weichem Holze und ausgehöhlt, wie die Rollen eines Flaschenzuges. Diese Rinne muß durch starke Bretter hergestellt werden, die man auf jeder Seite anpaßt, und die Kanten müssen innen so abgeschrägt werden, daß der Kanal nach außen viel weiter ist als auf dem Grunde, d. h. als die Breite des Rades. Und um mit diesem Apparate zu arbeiten, muß man wissen, daß der Karren immer auf den beiden Seilen stehend be- und entladen werden muß. Obgleich hieraus hervorgeht, daß das Herbeibringen der Erde, um die Karren zu füllen, und das Verbringen derselben an ihren Bestimmungsort, nachdem der Karren entleert ist, als zwei gesonderte Arbeiten behandelt werden müssen, so ist diese Arbeitsweise doch von großem Vorteile, weil man bei der Herichtung des Apparates nichts zu tun hat, als die Seile zu spannen, und die Verteidigungswerke der Festung dabei nicht verletzt werden. Wenn die Karren oben umgestürzt werden, müssen sie etwas über dem Walle stehen und umkippen, ohne rückwärts fahren zu können, bevor sie entleert sind; unten aber müssen sie so tief stehen, daß sie mit Schubkarren oder anderen Instrumenten bequem gefüllt werden können, und zwar geschieht dies vermittels eines Steges.“

Einen späteren Entwurf einer zum Personentransport dienenden Seilbahn enthält das wahrscheinlich 1617 in Venedig erschienene Buch des Faustus Verantius (Fig. 2)<sup>2)</sup>: „An ein dickes Seil soll ein Trog oder Korb mit umlaufenden Rollen gehängt und daneben ein dünnes Seil gespannt werden, welches, wenn es angezogen wird, diejenigen, welche sich in dem Korbe befinden, ohne alle Gefahr hinüber bringen wird.“

Am bekanntesten geworden ist die im Jahre 1644 von dem holländischen Ingenieur Adam Wybe ausgeführte Anlage, von der eine Abbildung in der Danziger Chronik des R. Curicke (Mitte des 17. Jahrhunderts) enthalten ist (Fig. 3). Aus der von J. Pohlig entdeckten Zeichnung ist nur ersichtlich, daß auf der später Bastion Wieben genannten Befestigung wahrscheinlich mittels eines Göpels ein Tau ohne Ende in Bewegung gesetzt wurde, an das eine große Anzahl von Eimern angehängt war. Das

<sup>1)</sup> Beck, Beiträge zur Geschichte des Maschinenbaues, Seite 246.

<sup>2)</sup> Beck, Beiträge zur Geschichte des Maschinenbaues, Seite 525.

Tau lief über Rollen, die von starken Pfosten getragen wurden und auf der Seite der beladenen Gefäße zahlreicher waren. Während die vorher beschriebenen Ausführungen ein Trage-seil hatten, auf dem die Last mit Hilfe eines zweiten Zugseiles bewegt wurde, war hier nur ein einziges umlaufendes Seil vorhanden.

Eine im Jahre 1834 von dem damaligen Festungsbaudirektor v. Pritt-witz bei Posen zum Transport von Ziegeln ausgeführte Anlage<sup>1)</sup> ist zwar keine Seilbahn im eigentlichen Sinne, sondern nur eine „Hängebahn“; immerhin ist sie deswegen interessant, weil die Grundidee im Anfang der 70er Jahre von Fell und neuerdings wieder von Behr aufgenommen worden ist. Fig. 4 zeigt die Ausführung von v. Prittwitz, des Ver-

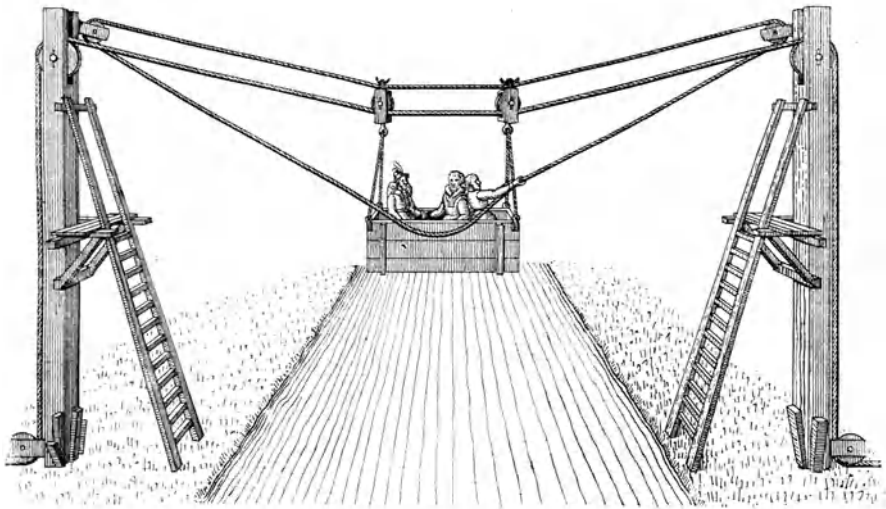


Fig. 2.

gleichs halber wird in Fig. 5 der Querschnitt des Oberbaues der Behr-schen Bahn zwischen Liverpool und Manchester<sup>2)</sup> wiedergegeben.

Da für die Seilbahnen bis zu der im Jahre 1834 erfolgten Erfindung der Drahtseile durch den Oberbergrat Albert in Klausthal nur Hanfseile zur Verfügung standen, so konnten derartige Anlagen von vornherein nur für vorübergehende Zwecke Verwendung finden. Man beschränkte sich allerdings auch noch später lange Zeit darauf, im Gebirge sogenannte Draht- bzw. Drahtseilriesen zum Niederbringen von Holz oder Gestein an steilen Abhängen zu bauen. Es waren dies oben verankerte und unten durch ein Gewicht gespannte Drähte bzw. später bei größeren Einzellasten Drahtseile, die nach Erfordernis auf der Strecke noch mehr-

<sup>1)</sup> Die schwebende Eisenbahn bei Posen, Berlin 1857, Ferdinand Riegel.

<sup>2)</sup> Z. d. V. d. Ing. 1902, Seite 486 ff.



mals durch einfache Böcke gestützt wurden, auf denen die Last mit Hilfe von Gleitsätteln oder leichter Wagen frei herunterglitt. Unten wurde sie durch entsprechende Hemmvorrichtungen aus Reisig oder dergleichen angehalten oder bei besseren Anlagen auf Ablenkungsschienen

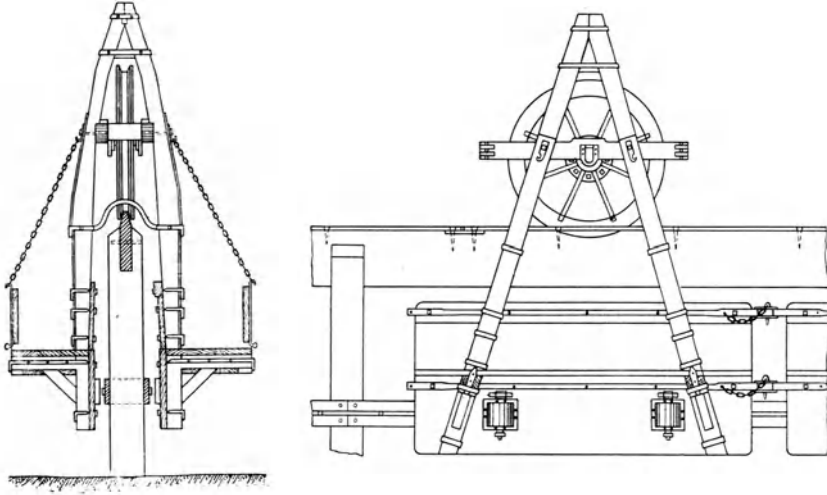


Fig. 4.

geleitet. Waren alle vorhandenen Wägelchen unten angelangt, so wurden sie entweder auf einem Saumpfade wieder hinaufgeschafft oder bei besonders sorgfältig durchkonstruierten Anlagen an einem dünnen Seil mit einer Winde hinaufgezogen.

Man baute derartige Anlagen in Längen von 1,0—1,2 km; ihre Leistung war eine sehr geringe und kam selten über 15 Tonnen in einem neunstündigen Arbeitstage. Die vorteilhafteste Neigung beträgt etwa 1 : 5, bei geringeren Neigungen bleiben bisweilen Lasten auf der Strecke stehen; bei wesentlich höheren steigert sich die Geschwindigkeit zu sehr, und die Lasten werden entweder

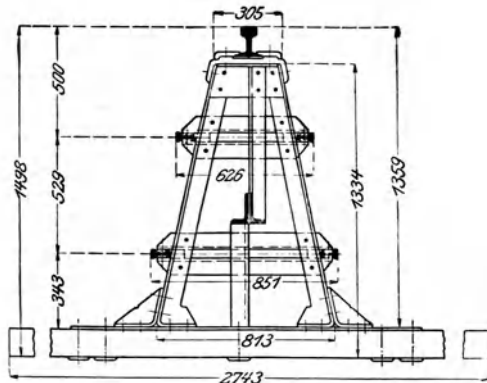


Fig. 5.

beim Anprall auf die Auffangvorrichtungen beschädigt oder es ergibt sich ein starker Verschleiß am unteren Seilende und den Ableitungsschienen, falls solche angeordnet werden. Bei schwachem Gefälle kann man damit rechnen, daß etwa 7 v. H. der Ladung verloren gehen, indem sich ein Wagen auf der Strecke festsetzt und dann herunterfällt, wenn der zweite darauf-

stößt. Die Anordnung wird wegen ihrer vielen Mängel heutzutage nur noch in ganz entlegenen Gebirgswinkeln für untergeordnete Zwecke ausgeführt.

Die eigentlichen Luftseilbahnen im heutigen Sinne des Wortes sind erst im Jahre 1861 durch den Bergrat Freiherr v. Dücker erfunden worden. Die Fig. 6 zeigt die Einzelheiten einer Probeausführung von 157 m Länge, die bei Oeynhausens errichtet wurde<sup>1)</sup>; jedoch hat es volle zehn Jahre gedauert, bis eine gewerblichen Zwecken dienende Anlage in Deutschland zustande kam. Bei der jetzt allgemein als deutsches

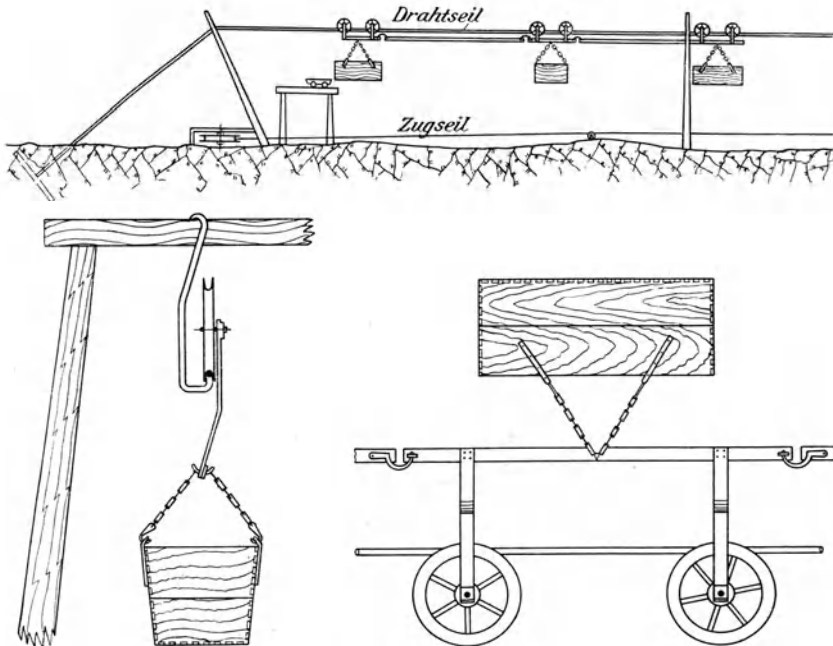


Fig. 6.

System bezeichneten Anordnung laufen die Wagen auf festliegenden Tragseilen, die bei den ersten Ausführungen in Abständen von  $9\frac{1}{2}$ —20 m unterstützt wurden, während ein Zugseil ohne Ende die daran angekuppelten Wagen mit sich zieht. In der ersten Zeit führte man nur solche Anlagen aus, die hinreichendes Gefälle hatten, um einen selbsttätigen Betrieb zu ermöglichen. Bis Anfang der 80er Jahre wurden die Laufbahnen gewöhnlich nicht aus Drahtseil hergestellt, sondern aus kurzen Rundeisenstangen, die an Ort und Stelle zu Längen von etwa 50 m zusammengeschweißt wurden, worauf man diese Stücke durch Schraubkupplungen verband.

<sup>1)</sup> Deutsche Bauzeitung 1871, Seite 253

Ehe v. Dücker zu einer praktischen Ausführung gelangte, wurden bereits Ende der 60er Jahre mehrere derartige Bahnen mit Drahtseil-  
laufbahnen in Amerika, und zwar im Minengebiet Colorados, errichtet.

Inzwischen hatte Hodgson im Jahre 1867 die seitdem als eng-  
lisches System bezeichnete Anordnung des Adam Wybe wiedererfunden  
und im folgenden Jahre ein englisches Patent darauf erhalten. Das  
System führte sich sehr schnell ein, und erst auf Grund der guten Er-  
folge Hodgsons erhielt v. Dücker dann auch einige Aufträge. Das  
Längsprofil seiner ersten Ausführung bei Osterode am Harz zeigt Fig. 7,  
deren Höhen im zwölffachen Maßstabe der Länge aufgetragen sind<sup>1)</sup>.  
Die Rundeisenlaufbahn von 26 mm Stärke ist in dem hochgelegenen  
Gipsbruch an einem Erdbock *E* befestigt, während am anderen Ende  
der Bahn bei *W* eine Erdwinde aufgestellt ist, auf deren Trommel zur  
Veränderung der Spannung ein Stück Drahtseil, die Fortsetzung der

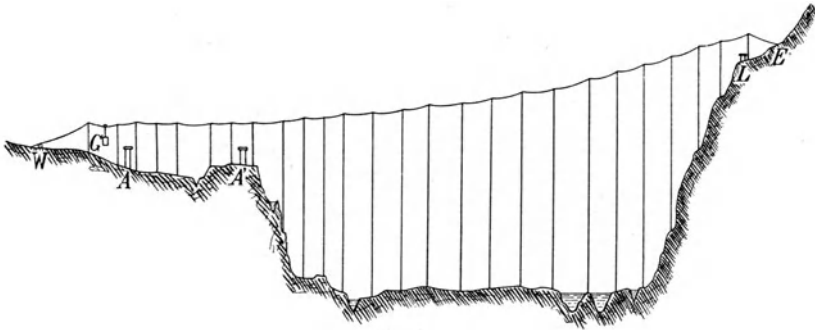


Fig. 7.

Rundeisenlaufbahn, aufgewickelt werden kann. Um einen gewissen  
Spannungsausgleich selbsttätig herbeizuführen, ist außerdem zwischen  
den letzten Stützen bei *G* ein Gewicht in Form eines mit Steinen be-  
schwerten Holzgestelles an der Laufbahn aufgehängt. Die Beladestelle  
befindet sich bei *L*, auf der gegenüberliegenden Seite sind zwei Entlade-  
stellen *A* und *A*<sub>1</sub> angeordnet. Die Gesamtlänge von *E* bis *W* beträgt  
447 m, während die nutzbare Länge *L* bis *A*<sub>1</sub> nur 377 m mißt. Es waren  
drei Wagen von je 250 kg Inhalt vorhanden, die ohne Zugseil lose von  
*L* nach *A* herunterliefen. An den letzten Wagen wurde eine Leine an-  
gehängt, an der dann die drei zusammengekuppelten Wagen wieder ver-  
mittels einer Winde nach dem Gipsbruch zurückgezogen wurden.

In der Folge wurden ähnliche Anlagen mehrfach von verschiedenen  
Bauingenieuren errichtet, die das Vorteilhafte des Dückerschen Ge-  
dankens erkannt hatten, daß vermittels der freischwebenden Seilbahn  
die schwierigsten Terrainverhältnisse zu überwinden sind.

<sup>1)</sup> Deutsche Bauzeitung 1871, Seite 257.

Im Jahre 1872 baute Fankhausen im Schlierental des Kantons Unterwalden eine Bremsseilbahn von 2100 m Gesamtlänge und einem Gesamtgefälle von 1 : 3, um Holz aus einem sonst unzugänglichen Wald herunterzuschaffen. Auf jeder Drahtseillaufbahn verkehrte ein Wagen, der mit einem endlosen Zugseil fest verbunden war, dessen in der oberen Station befindliche Umführungsscheibe gebremst werden konnte. Obwohl die Bahn dadurch bedeutungsvoll ist, daß sie das Tal mit einer freien Spannweite von 540 m überschritt, waren die Konstruktionseinzelheiten doch recht primitiver Natur. Als Stützen dienten zum Teil vorhandene Bäume und dergleichen, an denen entsprechend der Anordnung von Hodgson Rollen zur Auflagerung der Tragseile angebracht waren. Erst später ersetzte man sie durch Tragschuhe, nachdem die Seile aus den unruhig laufenden Rollen öfter herausgesprungen waren. Wie mangelhaft die Einzelheiten ausgebildet waren, zeigt die Angabe, daß bei dem doch recht erheblichen Gefälle der Anlage die heruntergehende Last das Dreifache der heraufgezogenen betragen mußte, damit die Wagen nicht auf der Strecke stehen blieben.

In der Mitte der 70er Jahre errichtete Mölle<sup>1)</sup> bei Minden eine 920 m lange Seilbahn zum Transport von Sandsteinen aus dem Bruch bis zur Weser. Sie überschritt kurz hinter dem Steinbruch einen 34 m hohen Bergrücken und besaß auf der Strecke zwei Bruchpunkte. Mit dem Übersetzungsgetriebe an jenen Stellen waren die Bremsvorrichtungen verbunden, die die Geschwindigkeit der selbsttätig arbeitenden Bahnen regelten (Fig. 8). Es befanden sich gleichzeitig immer zehn Wagen auf der Strecke. Die einzelnen Zugseile waren offen und wurden mit ihren Endkauschen einfach in Haken gelegt, die an den Transportwagen befestigt waren. Die betreffende Seilstrecke mußte also zum An- und Abkuppeln der Wagen stets stillgesetzt werden, so daß zur Bedienung der Anlage 15 Mann erforderlich waren. Das Längsprofil und die Stützenverteilung der Bahn entspricht fast vollständig einer modernen Ausführung; es wurde dies einfach durch Probieren erreicht, indem das ganze Profil im Maßstabe 1 : 50 an einer Wand aufgetragen und nun die Größe der Spanngewichte und die günstigste Lage der Stützen mit Messingketten und Belastungsgewichten, die zu dem Gewicht der Kette in demselben Verhältnis standen wie die Maximallast 1500 kg zu dem Gewicht des Stahlseils von 23 mm Durchmesser, ermittelt wurde.

Während im Auslande durch Hodgson in wenigen Jahren schon über 100 Bahnen von zum Teil erheblicher Länge gebaut worden waren, kamen in Deutschland nur ganz vereinzelt Anlagen zur Ausführung, bis sich im Jahre 1874 die beiden Maschineningenieure Adolf Bleichert und Theodor Otto vereinigten und in Schkeuditz ein Ingenieurbureau

---

<sup>1)</sup> W. Mölle, Schwebende Bahn bei Minden, Leipzig 1877.