

Feldbahnen und Industriebahnen

Ein Lehr- und Handbuch für Ingenieure,
Techniker, Großgrund- und Grubenbesitzer
und Studierende

Von

Ing. **L. Ptaczowsky**

Mit 229 Abbildungen im Text



BERLIN W.
Verlag von M. Krayn.
1920.

Copyright 1920 by M. Krayn. Berlin W. 10.
Alle Rechte vorbehalten, namentlich das der Uebersetzung vorbehalten.

Druck von H. Laupp jr in Tübingen.

Vorwort.

Eine der wichtigsten Fragen beim Wiederaufbau unseres durch den Krieg so schwer mitgenommenen Wirtschaftslebens bildet die Mechanisierung unserer Transportmittel. Durch die großen im Kriege erlittenen Verluste an menschlichen und tierischen Arbeitskräften sind wir gezwungen, neue Wege und Mittel in dieser Hinsicht einzuschlagen, da es weiterhin nicht angängig erscheint, derartige kostspielige Arbeitskräfte für Transportarbeiten, wie bisher, heranzuziehen. Es wurde bereits von Fachleuten darauf hingewiesen, daß es nicht ratsam erscheint, für diese Zwecke neue Lokalbahnen zu bauen, da ja schon die bestehenden eine ungünstige Rentabilität zeigen. Die gesamte Transportarbeit durch Lastautomobile zu bewältigen erscheint aber nicht durchführbar, da dies eine völlige Rekonstruktion unseres Straßennetzes bedingen würde. Hier kann nur durch die Erbauung von Feldbahnen eine befriedigende Lösung dieser Frage gefunden werden. Die Folge ist, daß das Feldbahnwesen einer großen Zukunft entgegengeht und daß sich viele Ingenieure, Techniker, Großgrundbesitzer und Landwirte, ferner Gruben- und Fabrikbesitzer sowie Bauunternehmer neuerdings eingehend mit diesem Gegenstande beschäftigen müssen.

Eine rasche Orientierung auf dem Gebiete des Feldbahnwesens wird nun dadurch erschwert, daß in der Literatur fast nichts vorhanden ist, was diesen Gegenstand erschöpfend behandelt und man gezwungen ist, in allen möglichen Büchern, Zeitschriften und Katalogen Nachschau zu halten, was nicht nur zeitraubend ist, sondern auch nicht immer zu dem gewünschten Resultat führt.

Diesem fühlbaren Mangel abzuhelpen ist der Zweck vorliegenden Buches. Es soll alles gesagt werden, was für den Bau und Betrieb von Feld- und Industriebahnen notwendig erscheint, so daß sich auch der Nichtfachmann in allen Fragen ein Urteil bilden kann.

Die verschiedenen führenden Firmen wie A. Borsig, Berlin-Tegel, Hannoversche Maschinenbau-A.-G., Hannover-Linden, Gasmotorenfabrik Deutz, Köln-Deutz, Ruhrthaler Maschinenfabrik, Mühlheim (Ruhr) usw. haben meine Arbeit in zuvorkommendster Weise unterstützt und sei ihnen an dieser Stelle mein Dank ausgesprochen.

Berlin im Oktober 1919.

Ingenieur L. Ptaczowsky.

Einleitung.

Schon im 17. Jahrhundert waren deutsche Bergleute bemüht, den Fahrwiderstand der von ihnen im Bergwerksbetriebe verwendeten Fahrzeuge dadurch herabzumindern, daß sie Holzbahnen zur Anwendung brachten. Diese Holzbahnen wurden dann auch in England bekannt und gaben dort Anregung zu den eisernen Schienen. Im Jahre 1776 wurde von Benjamin Curr bei den Sheffielder Kohlenwerken die erste Bahn mit gußeisernen Schienen errichtet. Diese gußeisernen Schienen hatten an der Außenseite einen Rand angegossen, durch welchen die Fahrzeuge gezwungen wurden, in ihrer Spur zu bleiben.

Die eigentliche Weiterentwicklung derartiger Eisenbahnen begann erst mit der Nutzbarmachung der Dampfkraft. Das Verdienst, die Dampfmaschine für Eisenbahnen in Anwendung zu bringen, gebührt Trevithick, der 1804 eine Lokomotive baute, die in Wales auf einem Pferdebahngleis lief. George Stephanson vervollkommnete die Lokomotive derart, daß er 1829 über verschiedene Konkurrenzmaschinen den Sieg davontragen konnte.

Den ersten Lokomotiven gab Stephanson eine Spurweite von 4' 6" (engl.) = 1372 mm. Dieses Maß wurde mit Rücksicht auf die damaligen Landfuhrwerke gewählt, damit diese die Winkelschienen als Spurbahn benutzen konnten. Als Stephanson später auf die hochstegige Schiene überging, erweiterte er die Spurweite auf 4' 8 1/2" = 1435 mm, ohne daß ihn irgendwelche bestimmte technische Gründe zur Wahl dieser Spurweite veranlaßten. Diese Spurweite wurde dann auch von den andern Ländern übernommen und beibehalten; man bezeichnet sie als Vollspur, auch Regel- oder Normalspur. In verschiedenen Ländern konnte diese keinen Eingang finden. So gibt es größere Spurweiten in Rußland (1,524 m), Spanien (1,74 m) usw.; schmälere in Griechenland, Korsika, Brasilien (1,0 m), Norwegen, Japan, Java, Kapland (1,067 m) usw.

Neben der Normalspur entwickelten sich eine Reihe von Spurweiten, die kleiner als die Normalspur sind und teils aus wirtschaftlichen, teils aus technischen Gründen hervorgegangen sind. Seitdem aber die schmalspurigen Bahnen auch in der Industrie, Land- und Forstwirtschaft eine ungeahnte Verbreitung in allen Ländern der Erde gefunden haben, kennt man ungefähr 100 verschiedene Spurweiten, von welchen einzelne wieder eine allgemeine Anwendung gefunden haben. Die sogenannten Kleinbahnen, Nebenbahnen

usw. dienen dem öffentlichen Verkehr und unterliegt daher deren Bau und Betrieb den bestehenden Gesetzen und Vorschriften. Da im nachstehenden nur von den für die Industrie sowie Land- und Forstwirtschaft usw. dienenden Schmalspurbahnen die Rede ist, die rein privaten Charakter haben und für die allgemeine amtliche Vorschriften nicht bestehen, so kann von der Anführung der oben erwähnten Gesetze und Vorschriften hier abgesehen werden. Zu bemerken wäre noch, daß gewisse Bedingungen bei Grubenbahnen bestehen, unter welchen die Inbetriebnahme mit einer Verbrennungskraft-, Dampf- oder elektrischen Lokomotive erfolgen kann.

Die für die Industrie sowie Land- und Forstwirtschaft dienenden Schmalspurbahnen bezeichnet man allgemein mit Feldbahnen, ganz gleich, welchem Zwecke sie dienen. Ihr Anwendungsgebiet ist heute ein sehr großes, da sich mit ihnen eine namhafte Vereinfachung in den Betrieben und mithin auch große Ersparnisse erzielen lassen. Dies geht schon daraus hervor, daß durch die Verwendung von Gleisen gegenüber einer mittelguten wagerechten Straße eine ungefähr fünf- bis achtfache Ersparnis an Zugkraft erzielt wird.

Für die Wahl der Spurweite, Solidität des Unterbaues usw. sind verschiedene Gesichtspunkte maßgebend. Je kleiner die Spur, desto besser schmiegt sie sich dem Gelände an und desto geringer werden die Anlagekosten, wobei zu berücksichtigen ist, daß beispielsweise die bei Feldbahnen übliche Spurweite von 600 mm nur für Pferdezug, Motor- oder leichten Lokomotivbetrieb praktisch geeignet erscheint. Für längere Strecken, auf welchen schwere Lasten durch schwere Lokomotiven befördert werden sollen, eignet sich die 600 mm-Spur weniger. Die Wahl der Spurweite hängt ferner von der Größe der zu befördernden Fahrzeuge ab, deren Breite und Höhe in einem bestimmten Verhältnis zur Spur stehen muß, damit während der Fahrt kein Umkippen der Fahrzeuge eintritt. Für kürzere Strecken soll in der Regel schwerer Oberbau verwendet werden, so daß die Züge einen größeren Raddruck haben können, wodurch die Anschaffungskosten des rollenden Materials reduziert werden.

Handelt es sich um Transporte, die von oder nach häufig wechselnden Stellen stattfinden, so eignen sich hierzu am besten die transportablen Gleise, welche keinen besonderen Unterbau beanspruchen, und welche mit geringem Zeit- und Arbeitsaufwand nach beliebigen Stellen verlegt werden können. Sollen die Transporte auf einer dauernden Verbindung stattfinden, so kommen festverlegte Gleise, welche auf einen sorgfältig hergestellten Unterbau verlegt werden, zur Anwendung. Die gebräuchlichsten Spurweiten für transportables Gleis sind 500 und 600 mm, für festverlegtes Gleis 600, 760, 900 und 1000 mm.

I. Linienführung.

Für die Ausarbeitung eines Feldbahnprojekts sind in erster Linie die Herstellung eines Lageplanes notwendig, aus dem alle wichtigen Daten, wie Linienführung, Steigungsverhältnisse, Krümmungsradien der Kurven usw. ersichtlich sind. Solange es sich um die Herstellung einer Feldbahn handelt, die nur untergeordneten Zwecken dienen soll, kann von der Anfertigung eines Lageplanes abgesehen werden. Handelt es sich jedoch um Feldbahnen, die einem bleibenden Zwecke dienen sollen und auf der schwere Lasten über lange Strecken transportiert werden sollen, so wird die Herstellung eines Lageplanes unbedingt notwendig werden.

Was nun die Linienführung einer Schmalspurbahn betrifft, so können hier die bei den Vollspurbahnen beobachteten Grundsätze sinngemäße Anwendung finden, wobei natürlich mit Rücksicht auf die verminderte Fahrgeschwindigkeit auf Schmalspurbahnen wesentlich andere Bedingungen in bezug auf den Krümmungshalbmesser, Kurvenüberhöhung usw. zu berücksichtigen sind.

Für die Linienführung oder das Aufsuchen der Trasse kann gewöhnlich eine besondere Aufnahme des Geländes entbehrt werden, da uns für diese Zwecke ausgezeichnetes Planmaterial in den Generalstabskarten (1 : 100 000 und 1 : 50 000), den Meßtischblättern (1 : 25 000) mit Höhenschichtenlinien und geologischen Karten zur Verfügung steht; dazu kommen noch die vorzüglichen Spezialpläne der Stadt- und Landgemeinden in Maßstäben von 1 : 2500, 1 : 4000 oder 1 : 5000. Für die hier in Frage kommenden Pläne sind die Generalstabskarten weniger geeignet; da ihr Maßstab zu klein ist, eignen sie sich nur für eine oberflächliche Orientierung. Viel besser eignen sich die Meßtischblätter, da man auf ihnen nicht nur die Entfernungen ablesen kann, sondern auch Gelegenheit hat, die Höhenunterschiede im Gelände genau zu erkennen. Ganz besonders aber werden die in noch größeren Maßstäben gehaltenen Spezialpläne der Gemeinden geeignet sein.

Beim Aufsuchen der Trasse sind gewöhnlich mehrere Punkte gegeben, stets jedoch zwei: der Ausgangspunkt und der Endpunkt. Sind zwischen diesen beiden Punkten noch andere Punkte gegeben, z. B. eine Verladestation, eine Brücke, die für die Feldbahn verwendet werden kann usw., so nennt man diese Punkte Zwangspunkte. Das Naheliegendste wäre nun, diese gegebenen Punkte durch gerade Linien zu verbinden, um eine möglichst kurze Trasse zu erhalten. Dies wird aber nur in den seltensten Fällen der Fall sein

können, da sich immer irgendwelche Hindernisse in den Weg stellen werden. Es muß auch stets danach gestrebt werden, Steigungen zu vermeiden, denn jede Steigung erhöht die Betriebskosten.

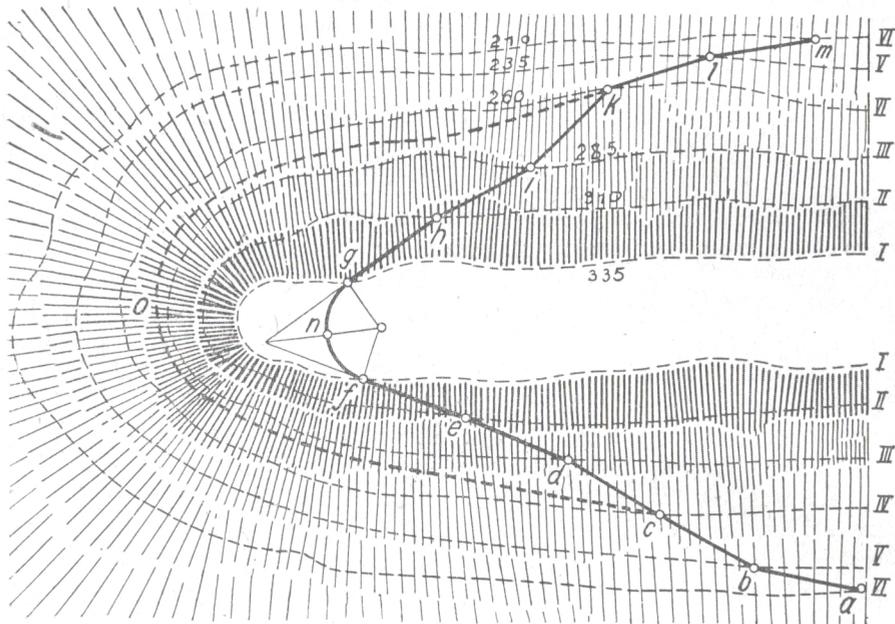


Fig. 1.

Kommen für eine Neuanlage mehrere Spurweiten in Betracht, so ist für jede Spurweite ein vollständiges Projekt auszuarbeiten, da sich für verschiedene Spurweiten oft ganz abweichende Trassen ergeben, mithin die Baukosten der einzelnen Trassen oft erhebliche Differenzen aufweisen können.

Wie schon erwähnt wird für eine Feldbahnanlage in den meisten Fällen eine besondere Geländeaufnahme entbehrlich werden und wird man mit den Meßtischblättern stets das Auslangen finden. Die auf den Meßtischblättern eingezeichneten Schichtenlinien, welche man auch Höhenkurven nennt, stellen jene Linien dar, durch welche alle Punkte im Gelände miteinander verbunden sind, die gleiche Höhenlage haben. Sind nun zwei Punkte im Plan gegeben so kennt man ihre Entfernung, die sich mit Hilfe des am Plane eingezeichneten Maßstabes leicht ablesen läßt, ferner ihren Höhenunterschied h , mithin auch das Steigungsverhältnis, das stets der Quotient aus dem Höhenunterschied

und der Länge, also $\frac{h}{l}$ ist. In der Praxis wird das Steigungsverhältnis niemals

durch einen Bruch angegeben, sondern in Prozenten oder als Verhältniszahl. So heißt beispielsweise 1 : 100: auf 100 m Länge 1 m Hebung, oder man verwendet „Tausendteile“ an — 10 ‰ heißt: auf 1000 m Länge 10 m Steigung; 1 ‰ ist also dasselbe wie 10 ‰ oder 1 : 100.

Das Aufsuchen der Trasse für ein bestimmtes Steigungsverhältnis soll nachstehend ganz allgemein an einem Beispiel, das in der Praxis wohl selten vorkommen wird, aber den Vorgang gut charakterisiert, näher erklärt werden.

Beispielsweise soll eine Trasse von a (Fig. 1) ab über eine Wasserscheide, mit einer bestimmten nicht zu überschreitenden Steigung nach m geführt werden. Die mit I, II, III, IV, V und VI bezeichneten Kurven sind die Schichtenlinien oder Höhenkurven. Die Höhenlage jeder dieser Kurven über NN ¹⁾ ist in der Fig. 1 angegeben. Der senkrechte Abstand der Schichtenlinien untereinander beträgt beispielsweise 25 m.

Da nun der vertikale Abstand der Schichtenlinien untereinander bekannt ist, so kann man die Längen der zwischen je zwei Schichtenlinien fallenden Trassenstücke berechnen und die Winkelpunkte leicht festlegen. Die erhaltenen Winkelpunkte werden durch Gerade und Kurven verbunden, so daß man die sogenannte Leitlinie erhält.

Steigt die Trasse von der Länge x um y, ist der Abstand von Schichtlinie zu Schichtlinie y_1 und der zwischen zwei Winkelpunkten liegende horizontale Abstand x_1 , so besteht folgende Beziehung:

$$x : x_1 = y : y_1$$
$$x_1 = \frac{x \cdot y_1}{y}$$

Der Abstand des Punktes a von f (Fig. 1) beträgt z. B. 3750 m und die Höhe des Punktes f über a 125 m (5 Schichten á 25 m), so wird

$$x_1 = \frac{25 \cdot 3750}{125} = 750 \text{ m.}$$

Die so berechnete Länge x_1 wird im Maßstab des Planes, auf welchem die Leitlinie eingezeichnet werden soll, in den Zirkel genommen und beschreibt man vom Punkte a aus einen Kreisbogen der die Schichtenlinie V im Punkte b schneidet. Dieses Verfahren setzt man vom Punkte b aus nach c, von c nach d usw. fort, bis man zu der die Kuppe begrenzenden Schichtenlinie I kommt, so daß dann der Punkt f den Endpunkt des aus Geraden bestehenden Linienzuges darstellt. Auf gleichem Wege werden sich die Richtungen der Trassenstrecken an dem anderen Hange des Bergzuges bestimmen lassen, wobei jedoch häufig der Punkt g eine der Vereinigung der Strecken e—f und g—h durch einen Kreisbogen, dessen Halbmesser durch den für bestimmte Verhältnisse gegebenen kleinstzulässigen Krümmungshalbmesser gegeben ist, ungünstige Lage erhalten wird. Um nun an der Kuppe kostspielige Erd- und Bauarbeiten zu vermeiden, wählt man, vorausgesetzt daß eine Verschiebung der Punkte a und m zulässig ist, die Lage der Punkte f und g derart, daß eine Vereinigung durch einen Kreisbogen, dessen Halbmesser dem kleinstzulässigen Krümmungshalbmesser entspricht, möglich ist und bestimmt dann bergabwärts die Winkel-

1) Handelt es sich um die Festlegung verschiedener Punkte im Terrain, so werden deren Höhen auf den Meeresspiegel der Nordsee bei Amsterdam bezogen. An der Berliner Sternwarte wurde ein Normalhöhenpunkt errichtet, der genau 37 m über dem Amsterdamer Pegel liegt. Diesen Normalpunkt bezeichnet man mit „Normal-Null“ oder kurz NN.

punkte der Schichtenlinien. Hat die Kuppe eine horizontale Begrenzung, so müßte zur Erzielung eines Längsgefälles im Kreisbogen $f-n-g$ bei n eine Dammschüttung erforderlich werden, die man aber dadurch umgehen kann, daß man die Punkte f und g um das den Kreisbögen $n-f$ und $n-g$ anzuweisende Gefälle unter die die Kuppe begrenzende Horizontalebene legt und gleichzeitig das Einigungsgefälle verringert. Die geraden Strecken sind durch Kreisbögen zu verbinden, wobei die Steigung in den Bögen etwas stärker ausfallen wird als auf den geraden Strecken. Dieser Umstand kann bei großen Halbmessern unberücksichtigt bleiben, wenn man die Steigung bei der Berechnung der Längen der geraden Strecken gleich etwas geringer annimmt.

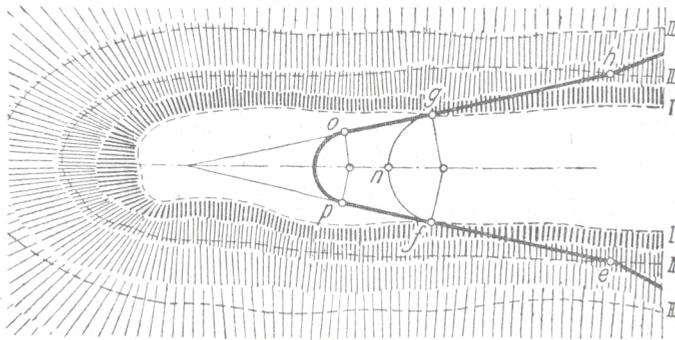


Fig. 2

Ist die Kuppe nicht durch eine horizontale Ebene begrenzt, sondern durch einen Sattel oder Grat gebildet, so würde sich bei n (Fig. 1), wenn die Vereinigung der geraden Strecken $e-f$ und $g-h$ durch einen Kreisbogen $f-n-g$ in einem schwachen Gefälle ausgeführt werden soll, ein tiefer Einschnitt ergeben. Derartige Einschnitte sollen aber tunlichst vermieden werden, da sie die Baukosten erhöhen. Man umgeht daher solche Einschnitte derart, daß man die Trassenstücke $e-f$ und $g-h$ (Fig. 2) noch um eine entsprechende Höhe in geraden Linien oder langgestreckten Kurven bis zu den Punkten o und p führt, wobei man jedoch beachten muß, daß die Vereinigung dieser beiden Strecken noch durch einen zulässigen Krümmungshalbmesser erfolgt. Bei dem vorliegenden Beispiel wäre noch in Erwägung zu ziehen, ob nicht die Umgehung der Kuppe durch eine horizontale Trasse $c-o-k$ (Fig. 1) wirtschaftlich vorteilhafter wäre, da die Steigung von e bis n in Wegfall käme, was einer Brennstoffersparnis gleichkommt. Bevor man sich also endgültig für eine der Trassen entscheidet, wäre zu untersuchen, ob die Brennstoffersparnisse so groß sind, daß die durch die längere Trasse $e-o-k$ bedingten Mehrkosten für den Bau gerechtfertigt erscheinen.

Das Aufsuchen der Trasse kann auch unmittelbar auf dem Terrain mit Hilfe eines Nivellierinstrumentes erfolgen. Es würde hier zu weit führen, auf diese Arbeit näher einzugehen und muß ebenso wie bei allen anderen hier

in Betracht kommenden Vermessungs-, Nivellierungs- und Kartierungsarbeiten auf die einschlägige Literatur verwiesen werden.

Ist die Leitlinie ermittelt, wobei natürlich auf die gute Durchführbarkeit der Anlage Rücksicht genommen worden ist, so wird zur Uebertragung auf das Gelände geschritten; man beginnt mit dem Stationieren und Nivellieren der Leitlinie. Mit der Festlegung des Polygonzuges beginnt man gewöhnlich vom höchsten Punkt aus.

Die theoretische Trasse wird in den seltensten Fällen ohne Berichtigung bleiben können, da die Oberfläche des Terrains nicht ohne weiteres benutzbar ist. Die Leitlinie muß daher berichtigt werden, wobei darauf zu achten ist, daß ihre Neigung an keinem Punkte die zulässige Steigung überschreitet, daß sich die Auf- und Abträge möglichst ausgleichen und die Erdarbeiten möglichst gering ausfallen. Sind nun die Winkelpunkte genau eingerichtet und die Bögen abgesteckt, so kann man den endgültigen Lageplan und das Längenprofil aufzeichnen.

Nach der Bestimmung des Längenprofils werden die Querprofile ermittelt und abgesteckt. Die Querprofile bestimmt man in Entfernungen von ungefähr 25 bis 25 m und überall da, wo das Terrain in seiner Beschaffenheit wechselt, unter allen Umständen aber auf den wesentlichsten im Längenprofil berücksichtigten Punkten, die auf die für dieselben gewählte $x-y$ -Achse (Fig. 4) zu beziehen sind.

Bezüglich des Stationierens sei noch bemerkt, daß bei dieser Arbeit ein bestimmter Punkt als Anfangspunkt angenommen wird, von welchem aus die Stationen in Längen zu 50 oder 100 m aneinandergelegt und durch Pfähle, die genau nach der Mittellinie ausgerichtet sind, gekennzeichnet werden. Neben dem Stationspfahl wird noch ein Geländepfahl eingeschlagen, dessen Oberkante in der Erdgleiche liegt und auf dessen Kopf die Nivellierlatte aufgesetzt wird. Wichtige Punkte, die innerhalb zweier Stationspunkte liegen, und zwar solche Punkte, die sich durch eine höhere oder tiefere Lage auszeichnen, müssen gleichfalls nivelliert werden, ebenso feste Punkte seitlich der Trasse, die dann als Fixpunkte dienen sollen, falls während des Baues die Nivellierpunkte verloren gegangen sind.

Fig. 3 zeigt einen Teil eines Lageplanes einer Feldbahn, auf dem alle wichtigen Daten ersichtlich sind. In Fig. 4 ist das dazugehörige Längenprofil dargestellt. Letzteres wird auf einer Geraden $x-y'$, welche Horizont genannt wird, errichtet, auf der dann die einzelnen Stationspunkte und die durch Nivellierung festgelegten wichtigen Punkte eingezeichnet werden. Ueber diese Punkte errichtet man Ordinaten. Die Stationspunkte werden sowohl im Lageplan als auch im Längenprofil mit fortlaufenden Zahlen bezeichnet. Die Entfernungen der wichtigen Punkte von ihren voranliegenden Stationspunkten schreibt man zu den jeweiligen Ordinaten, die man in diesen Punkten errichtet.

Da die Ausdehnung der Längen das Maß der Höhendifferenzen weitaus übertrifft, so würde man, falls man für die Längen als auch die Höhen denselben Maßstab verwenden würde, einerseits eine sehr unübersichtliche Zeichnung



Fig. 3.

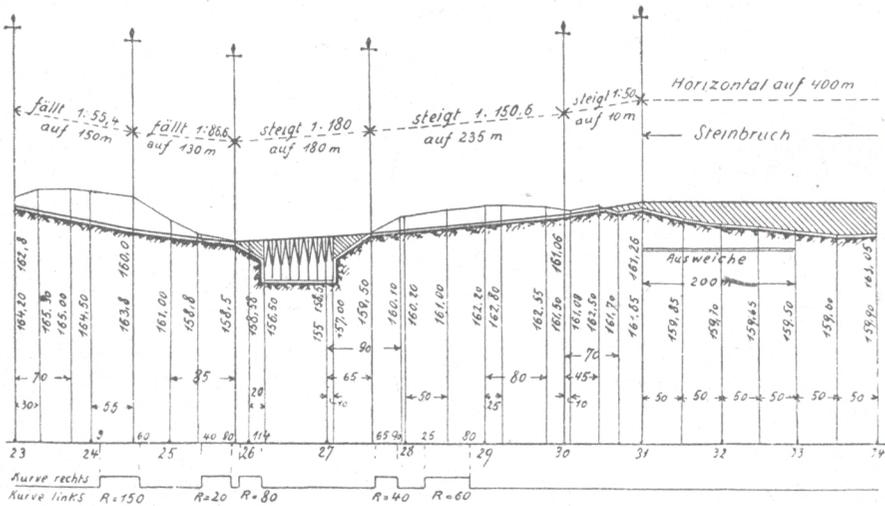


Fig. 4.

erhalten, andererseits für eine einige Kilometer lange Strecke eine Unmenge Papier benötigen. Würde man beispielsweise eine 1 km lange Strecke im Maßstab 1 : 1000 auftragen, so würde diese Strecke am Papier schon einer Länge von 1 m entsprechen, während 1 m Steigung nur der kleinen Strecke von 1 mm entsprechen würde. Das Abgreifen der Höhen wird sehr ungenau werden. Aus diesen Gründen wählt man für die Längen einen kleinen Maßstab, für die Höhen einen großen. Vorteilhaft wird man für die Längen einen Maßstab von 1 : 5000, für die Höhen einen solchen von 1 : 200 wählen.

Auf den über den einzelnen Punkten der Linie $x-y$ errichteten Ordinaten werden nun sowohl die jeweiligen Höhen der Schienenoberkante als auch des Terrains aufgetragen. Da man eine Höhe im Gelände gewöhnlich auf NN bezieht, so würden die im Längenprofil dargestellten Höhen oft sehr groß ausfallen. Um dies zu vermeiden nimmt man die Horizontale $x-y$ entsprechend über NN an und trägt jetzt in die Zeichnung nur die Differenzen zwischen der tatsächlichen und der angenommenen Höhe des Horizonts ein. Zu jeder Ordinate schreibt man die Höhenlage des Terrains und der Schienenoberkante, ferner noch die Differenz dieser beiden Zahlen.

Im Längenprofil werden noch diejenigen Punkte besonders bezeichnet, in welchen ein Neigungswechsel stattfindet. Zwischen je zwei solcher Punkte gibt man noch das Gefälle und die zu diesem gehörige Länge an.

Unter dem Horizont gibt man noch eine Linie an, aus der man die Anfangs- und Endpunkte jeder in der Trasse befindlichen Kurve ersehen kann. Die Kurven mit rechts liegendem Zentrum werden nach oben, die mit links liegendem Zentrum nach unten angedeutet. Die Entfernungen von Kurvenanfang und Kurvenende vom vorausgehenden Stationspunkt werden auf der Zeichnung angegeben, ebenso die Kurven fortlaufend nummeriert.

II. Bahnkörper.

a) Unterbau.

Der Unterbau der Feldbahnen richtet sich nach der Art des Betriebes. Während man bei dem sogenannten beweglichen (transportablen) Gleis überhaupt von besonderen Planierungsarbeiten absieht und das Gleis unmittelbar auf den Boden verlegt und, falls Zugtiere zur Verwendung kommen, höchstens für eine ordentliche Laufbahn zwischen den Schienen sorgt, beschränkt man sich bei dem halbbeweglichen Gleis auf eine Ausgleichung der hauptsächlichsten Unebenheiten. Handelt es sich jedoch um eine längere Feldbahn, auf welcher schwere Lasten durch längere Zeit transportiert werden sollen, wobei nur festverlegtes Gleis in Frage kommt, so muß für die Herstellung des Unterbaues größere Sorgfalt verwandt werden, die um so größer sein soll, je größer die Zeitdauer ist, für welche die Feldbahn voraussichtlich in Verwendung kommt. Mit Rücksicht auf die Wirtschaftlichkeit des Betriebes soll bei längeren Strecken und längerer Verwendung der Feldbahn tunlichst angestrebt werden, möglichst wenig Neigungsänderungen zu erhalten.

b) Brücken.

In bezug auf die Lebensdauer, Festigkeit und Billigkeit in der Herstellung der Brücken für Feldbahnen sollen folgende Punkte angestrebt werden:

Möglichst einfache Konstruktionssysteme, deren Bestandteile und Verbindungsstücke den größten Belastungen und sonstigen Beanspruchungen genügend Widerstand bieten. Die Brücken sollen so ausgeführt sein, daß sie ohne Gefahr bestiegen, befahren und begangen werden können; sie sollen mit sicheren Laufbohlen und Geländer versehen werden.

Als Baumaterial für die Brücken kommen Kiefer-, Tannen-, Fichten- und Eichenholz in Betracht. Da das spezifische Gewicht wesentlich von der Lagerungsdauer des Holzes beeinflußt wird, so kann man für Gewichtsberechnungen für 1 cbm Holz durchschnittlich 800 kg annehmen.

Als zulässige Inanspruchnahmen für vorübergehende Holzkonstruktionen kann man nach „Hütte“ die Werte der Tabelle I für je 1 qcm annehmen.

Da es sich bei den Brücken für Feldbahnen gewöhnlich nur um vorübergehende Zwecke handelt, so sollen nur Rundhölzer für die Joche und möglichst wenig Kanthölzer für die Tragwerke zur Verwendung kommen, wodurch

man Arbeit und Material erspart, auch kann das zur Verwendung kommende Holz später anderen Zwecken zugeführt werden.

Tabelle I.

Holzart	Zug kz	Druck k	Elast. Ziffer E
Kieferholz	120	70	130 000
Tannenholz	60	50	130 000
Fichtenholz	100	60	120 000
Eichenholz	120	90	120 000

Da es hier zu weit führen würde allgemeine Vorschriften über die Berechnung und den Bau von Brücken anzuführen, so sollen im nachstehenden einige Beispiele ausgeführter Feldbahnbrücken angeführt werden, so daß man sich rasch über den Vorgang der Berechnung und die Konstruktion solcher Brücken informieren kann.

Einige lehrreiche Beispiele finden sich in dem Buch „Die Hochwasserschutz-Talsperre bei Mauer im Riesengebirge“ von Oberingenieur A. Cucchiero, Verlag für Fachliteratur, Berlin.

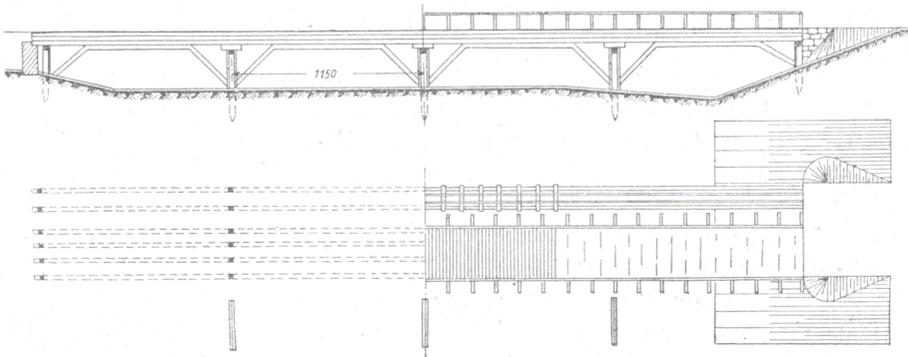


Fig. 5.

Als erstes Beispiel soll eine Brücke behandelt werden, die über den Bober führte, und die für die Förderung von Sand und Bruchsteinen diente. Die in Fig. 5 dargestellte Sprengwerkbrücke wurde neben einer Straßenbrücke angelegt, damit letztere der Feldbahnbrücke bei Eintritt von Hochwasser Schutz gewährt. Für die Ueberführung wurden 3 Joche und 2 Landpfeiler notwendig. Fig. 6 zeigt die Verbindung der Strebenfüße mit den Pfosten der Joche, während Fig. 7 die Verbindung der Streben mit den Tragbalken durch Spannriegel, an welche die Streben unter stumpfem Winkel anstoßen, zeigt. Die Verbindung der Streben mit den Spannriegeln erfolgte durch schmiedeeiserne Bänder, die der Spannriegeln mit den Tragbalken durch Schraubenbolzen.

Die Joche bestanden aus je 2 in den Boden eingetriebenen Pfählen, die über Wasser mit 2 Zangen, auf welchen die Streben zu ruhen kamen, ver-

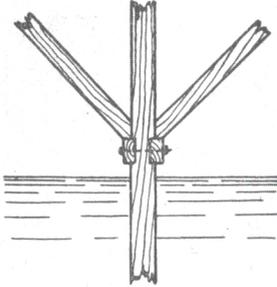


Fig. 6.

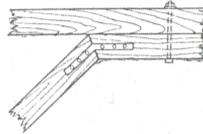


Fig. 7.

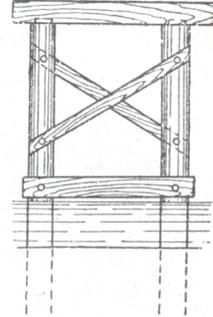


Fig. 8.

bunden wurden. Die beiden Pfähle wurden dann verstrebt und verbolzt und oben mit der Unterlagsschwelle für die Tragbalken versehen (Fig. 8). In ähnlicher Weise wurden die beiden Landpfeiler errichtet, die jedoch, um das Herabrutschen des Erdreiches zu verhindern, wie Bollwerke ausgeführt wurden.

Die Joche wurden mit Hilfe der Eulerschen Formel

$$P = \frac{\pi^2}{4} \cdot \frac{E \cdot J}{l^2}$$

berechnet. Das eine Ende fest eingespannt, das andere Ende frei.

Die zulässige Beanspruchung des auf Knickung beanspruchten Pfahles wurde

$$P_0 = P : S,$$

wobei S = Sicherheitsgrad mit 15 gewählt wurde. Angenommen wurde ein Pfahl von 30 cm Durchmesser mit $J_{\min} = 39\,761 \text{ cm}^4$. Somit wurde $P = 110\,415 \text{ kg}$ und $P_0 = 7\,360 \text{ kg}$, was annähernd dem Dienstgewichte der zur Verwendung gekommenen 40 PS-Lokomotive entsprach.

Zur Berechnung des Durchmessers d der Pfähle wurde die Formel

$$d = 3,02 \sqrt[4]{\frac{P_0 \cdot l^2}{E}}$$

benutzt. Diese ergab folgende Abmessung:

Dienstgewicht der Lokomotive rund $7500 \text{ kg} = P_0$,

Höhe des Pfahles $300 \text{ cm} = l$,

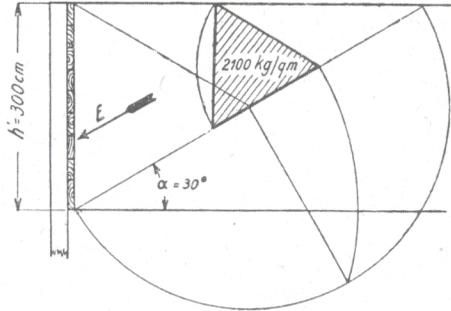
E 100 000

$$d = 3,02 \sqrt[4]{\frac{7500 \cdot 300^2}{100\,000}} = 27,18 \text{ cm.}$$

Das für die erste Berechnung angenommene Maß von 30 cm wurde beibehalten.

Da für jedes Joch 2 Pfähle verwendet wurden, die zusammen ungefähr 7800 kg zu tragen hatten, so konnte mit einer ausreichenden Sicherheit gegen Knicken gerechnet werden.

Die beiden Endjocher erhielten ebenfalls Pfähle von 30 cm Durchmesser und wurde angenommen, da sie ja eigentlich nur $P_0 \cdot \frac{1}{2}$ zu tragen hatten, daß sie den Erd- druck sicher aufzunehmen imstande waren. Es wurde nur die Bohle selbst und zwar wie folgt berechnet:



Da vollkommene Einspannung (s. Fig. 9) vorlag, so war das Biegemoment der Bohle

$$M = \frac{p \cdot l^2}{10}$$

Der Erddruck E wurde graphisch (s. „Hütte“) zu 2100 kg qm ermittelt. Für 1 qm Fläche der Bohlenbekleidung wurde

der Wert $p = \frac{1}{10000} E$ /kg/qm.

$$p = \frac{1}{10000} \cdot E = \frac{2100}{10000} = 0,21 \text{ kg};$$

$$M = \frac{p \cdot l^2}{10} = \frac{0,21 \cdot 100 \cdot 100}{10} = 210 \text{ cm/kg}$$

für einen Bohlenstreifen von 1 cm Höhenabmessung.

Die Stärke der Bohle wurde nach der Formel

$$\frac{b d^2 \cdot k}{6} = 210$$

bestimmt, wobei k = die Holzbeanspruchung mit 60 kg/qcm und b = 1 cm angenommen wurde, daher war

$$\frac{1 \cdot d^2}{6} \cdot 60 = 210; \quad d^2 = \frac{6 \cdot 210}{60} = 21 \text{ qcm}; \quad d = \sqrt{21} = 4,58 \text{ cm}.$$

Die Bohlenstärke wurde mit 5 cm angenommen. Der Berechnung des unsymmetrisch belastet angenommenen Sprengwerkes wurden folgende Daten zugrunde gelegt:

Q = Gesamtbelastung einer Brückenöffnung und zwar	
Dienstgewicht der Lokomotive	7 800 kg.
6 belastete Transportwagen à 2500 kg	15 000 kg.
	zusammen <u>22 800 kg.</u>

Die Belastung verteilt sich auf 2 kontinuierliche Streckbäume, demnach kam auf eine Tragrippe

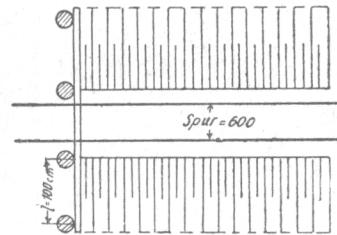


Fig. 9.

$$\frac{22\ 800}{2} = 11\ 400 \text{ kg.}$$

Unter der Voraussetzung, daß die Last über das Sprengwerk gleichmäßig verteilt und $l_1 = l_2 = l_3$ (Fig. 10), konnten die Spannkkräfte aus der Formel

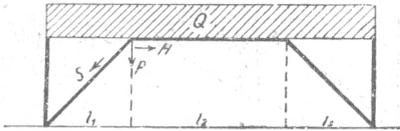


Fig. 10.

$$H = \frac{11}{30} \cdot \frac{Q}{\operatorname{tg} \alpha},$$

$$P = \frac{11}{30} \cdot Q \text{ und}$$

$$S = \frac{11}{30} \cdot \frac{Q}{\sin \alpha}$$

berechnet werden.

Da jedoch das Sprengwerk ungleichmäßige Stützenweite hatte und zwar $l_1 = 3,00 \text{ m}$, $l_2 = 5,50 \text{ m}$ und $l_3 = 3,00 \text{ m}$, so wurde die Heinzerlingsche Formel (Heinzerling, Die Brücken der Gegenwart, III. Abt. S. 37) angewendet.

Die bewegliche Last einer Tragrippe war $11\ 400 + 3600$ (Menschenlast) = $15\ 000 \text{ kg}$. Zahl der Tragrippen $n = 3$, daher

$$P = \frac{Q}{n - 1} = \frac{15\ 000}{3 - 1} = 7500 \text{ kg,}$$

somit

$$P_m = \frac{\lambda_m + \lambda_{m+1}}{2l} \cdot P = \frac{3,0 + 5,5}{2 \cdot 11,5} \cdot 7500 = 2771 \text{ kg,}$$

daher

$$S = P_m \frac{\sqrt{(\lambda_1 + \lambda_2 + \dots)^2 + K^2}}{K} = 2771 \cdot \frac{\sqrt{3,0^2 + 3,0^2}}{3,00} = \text{rund } 3900.$$

Es wurde

$$H = P_m \frac{\lambda_1 + \lambda_2 + \dots}{K} = 2771 \cdot \frac{3,00}{3,00} = 2771 \text{ und } H + H = 5542.$$

Nach der Eulerschen Formel für Knicken (Fall 1)

$$P = \eta \cdot \frac{\pi^2}{4} \cdot \frac{E \cdot J}{l^2}$$

findet sich der Querschnitt für die Strebe

$$S = 3900 \cdot \frac{1}{20} \cdot \frac{3 \cdot 14^2}{4} \cdot \frac{100\ 000 \cdot J}{425^2}$$

wobei

$$J = \frac{b h^3}{12},$$

daher

$$b = \sqrt[4]{\frac{3900}{0,0147}} = 23$$

und

$$\text{bei } b = \frac{5}{7} h, h = \frac{7}{5} b = \frac{7}{5} \cdot 23 = 32 \text{ cm.}$$

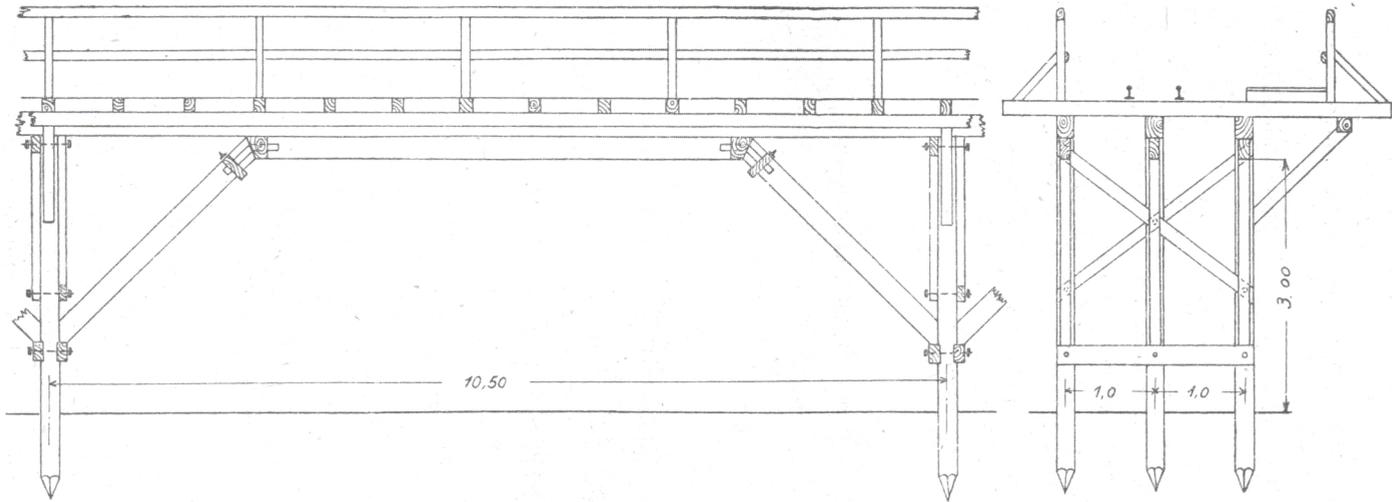


Fig. 11.

Gewählt wurde ein Balken von 26/32 cm.

Aehnlich wurde die Berechnung für den auf Knicken beanspruchten Spannriegel durchgeführt. Der Spannriegel erhielt einen Querschnitt von 32/32 cm.

Der nur auf Biegung beanspruchte kontinuierliche Träger wurde nach der Formel

$$W = \frac{P \cdot l}{8 k_b}$$

berechnet und zwar unter der Annahme, daß die Last der Lokomotive + Menschenlast = 9000 kg das erste und letzte Feld — ohne Rücksicht auf die gleichmäßig verteilte Belastung — drücken würde. Der Balken erhielt einen Querschnitt von 32/38 cm.

In Fig. 11 ist gleichfalls eine Feldbahnbrücke, wie sie beim Bau der Tal Sperre bei Mauer errichtet wurde, dargestellt. Mit Rücksicht auf später zu befördernde schwere Maschinenteile erhielt hier jedes Joch 3 Pfähle. Die Berechnung der Holzstärken erfolgte in gleicher Weise wie vorstehend.

c) Straßenkreuzungen.

An Stellen, wo das Gleis durch Fuhrwerke passiert wird, ist darauf Rücksicht zu nehmen, daß das Gleis keinen Schaden erleidet und dem Fuhrwerk kein Hindernis entgegengestellt wird. Für untergeordnete Zwecke eignen sich hierfür am besten die sogenannten hölzernen Wegübergänge. Ein solcher ist in Fig. 12 dargestellt. Zwischen den Schienen befinden sich gewöhnliche, seitlich der Schienen keilförmige Bretter, die untereinander durch eiserne Bänder zusammengehalten werden.

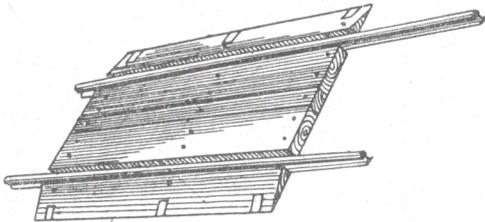


Fig. 12.

Für festverlegtes Gleis, welches Straßen überquert oder in Fabrikhöfen usw. verlegt ist, kommen noch die in Abschn. III S. 25 und 26 (Fig. 35—38) besprochenen Ausführungen zur Anwendung.

Für festverlegtes Gleis, welches Straßen überquert oder in Fabrikhöfen usw. verlegt ist, kommen noch die in Abschn. III S. 25 und 26 (Fig. 35—38) besprochenen Ausführungen zur Anwendung.

d) Sonstige Baulichkeiten.

Bei jeder dauerndem Betrieb dienenden Feldbahn wird noch eine Reihe von Baulichkeiten notwendig werden (Stützmauern, Verladerrampen usw.), die sich aus der Eigenart des Betriebes und Formation des Terrains, über welches die Feldbahn führt, ergeben. Die große Anzahl voneinander abweichender Baulichkeiten, die ja alle einfacher Natur sind, macht es unmöglich, hier näher darauf einzugehen. Im nachstehenden soll daher nur einiges über Lokomotivschuppen für Feldbahnlokomotiven gesagt werden.

Ist die Lokomotive außer Dienst gestellt, so wird sie, damit sie nicht den atmosphärischen Einflüssen ausgesetzt bleibt, in einem geeigneten Schuppen

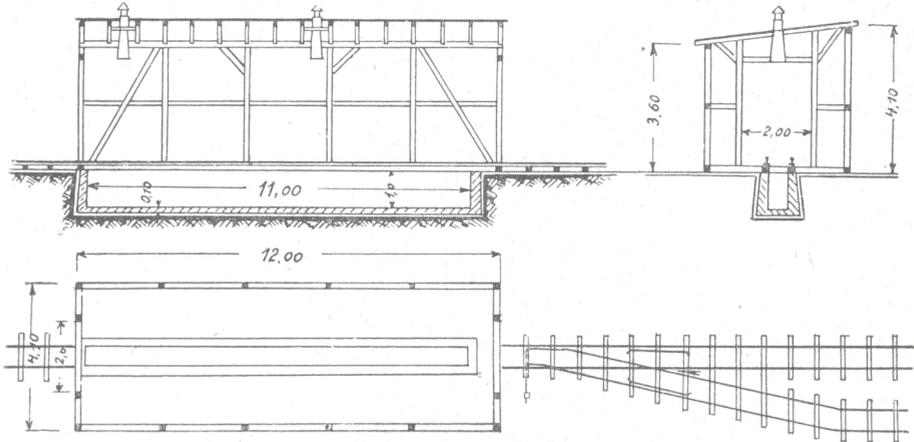


Fig. 13.

untergebracht, so daß auch die Reinigungsarbeiten und Reparaturen erleichtert werden. Um den Aschenkasten bequem reinigen zu können ist eine Reinigungsgrube anzuordnen. Für eine gute Entlüftung des Schuppens ist Sorge zu tragen. Ueber jedem Lokomotiv-Rauchfang muß am Schuppen ein Rauchfang vorgesehen werden, so daß beim Anheizen der Lokomotive die Rauchgase bequem in das Freie gelangen können.

Fig. 13 zeigt einen Lokomotivschuppen für zwei 30–35 PS-Feldbahnlokomotiven.

Fig. 14 zeigt die Anordnung eines Rauchfanges für Lokomotivschuppen, bei welchem das Unterteil hochziehbar ist und auf den Lokomotivrauchfang aufgesetzt werden kann.

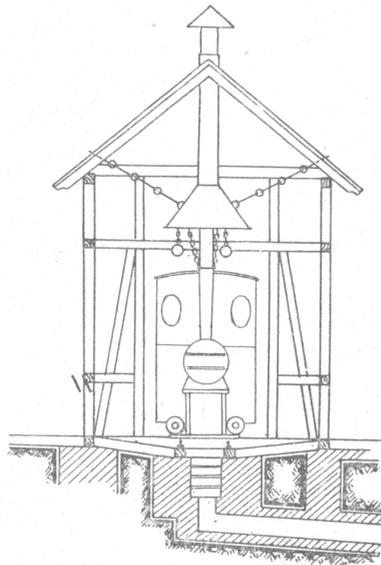


Fig. 14.

III. Oberbau.

a) Neigungs- und Krümmungsverhältnisse, Radstand.

Im allgemeinen sind bei Schmalspurbahnen stärkere Neigungen zulässig als bei Vollspur, was durch die geringere Fahrgeschwindigkeit der ersteren begründet erscheint. Als zulässige Steigungen werden empfohlen: Für 1 m Spur bis 1 : 30, für 0,75 m Spur bis 1 : 25 und 0,60 m Spur bis 1 : 25.

Bei Feldbahnen ist der Krümmungsradius bedeutend kleiner als der bei Kleinbahnen, die für öffentlichen Verkehr dienen, gültige Wert. So kommen bei Feldbahnen nicht selten Krümmungsradien von 10 m vor, bei Verwendung von Menschen oder Tieren ja sogar Krümmungsradien, die kleiner als 5 m sind.

Bezüglich der Krümmungsradien wäre zu bemerken, daß diese in einem bestimmten Verhältnis zum Radstand der Lokomotive und deren Raddurchmesser stehen müssen. Ueber den kleinstzulässigen Kurvenradius R_{min} und Raddurchmesser d_{max} gibt Tabelle II Aufschluß, wobei jedoch eine Vergrößerung dieser Werte angestrebt werden soll.

Um ein möglichst leichtes Durchfahren der Kurven zu erzielen erhalten dieselben eine Spurerweiterung e , die häufig nach folgender Formel berechnet wird:

$$e = \frac{l \cdot \sqrt{2 \rho t}}{R},$$

worin l den Radstand in m, ρ den äußeren Halbmesser der Räder (bis Spurkranzumfang) in m, t die größte Höhe des Spurkranzes und R der Kurvenradius ist.

Nach dem Taschenbuch „Hütte“ sind für Schmalspur folgende Formeln zu benutzen:

Spur 1 m; für $R = 80-250$ m	$e = 240 : \sqrt{R}$ jedoch < 25 mm
Spur 0,75 m; für $R = 50-150$ m	$e = 140 : \sqrt{R}$ jedoch ≥ 20 mm
Spur 0,60 m; für $R = 30-100$ m	$e = 100 : \sqrt{R}$ jedoch ≥ 18 mm

Letztere Formeln ergeben genügend genaue für die Praxis brauchbare Werte. Diese Werte stimmen mit den im Schaubild Fig. 15¹⁾ angegebenen Spurerweiterungen überein. Bezüglich der in Schaubild Fig. 15 eingezeichneten Krümmungswiderstände, siehe Abschnitt V, Fahrwiderstand und Zugkraft.

1) Hanamag-Nachrichten, Jahrg. II, Heft 7.