

Zeitschrift:	Technische Mitteilungen / Schweizerische Telegraphen- und Telephonverwaltung = Bulletin technique / Administration des télégraphes et des téléphones suisses = Bollettino tecnico / Amministrazione dei telegrafi e dei telefoni svizzeri
Herausgeber:	Schweizerische Telegraphen- und Telephonverwaltung
Band:	20 (1942)
Heft:	1
Artikel:	Betrachtungen über die Wechselwirkungen zwischen Fahrdräht und Stromabnehmern verschiedener Bauart
Autor:	Sulzberger, G.
DOI:	https://doi.org/10.5169/seals-873253

Nutzungsbedingungen

Die ETH-Bibliothek ist die Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften auf E-Periodica. Sie besitzt keine Urheberrechte an den Zeitschriften und ist nicht verantwortlich für deren Inhalte. Die Rechte liegen in der Regel bei den Herausgebern beziehungsweise den externen Rechteinhabern. Das Veröffentlichen von Bildern in Print- und Online-Publikationen sowie auf Social Media-Kanälen oder Webseiten ist nur mit vorheriger Genehmigung der Rechteinhaber erlaubt. [Mehr erfahren](#)

Conditions d'utilisation

L'ETH Library est le fournisseur des revues numérisées. Elle ne détient aucun droit d'auteur sur les revues et n'est pas responsable de leur contenu. En règle générale, les droits sont détenus par les éditeurs ou les détenteurs de droits externes. La reproduction d'images dans des publications imprimées ou en ligne ainsi que sur des canaux de médias sociaux ou des sites web n'est autorisée qu'avec l'accord préalable des détenteurs des droits. [En savoir plus](#)

Terms of use

The ETH Library is the provider of the digitised journals. It does not own any copyrights to the journals and is not responsible for their content. The rights usually lie with the publishers or the external rights holders. Publishing images in print and online publications, as well as on social media channels or websites, is only permitted with the prior consent of the rights holders. [Find out more](#)

Download PDF: 02.02.2026

ETH-Bibliothek Zürich, E-Periodica, <https://www.e-periodica.ch>

La rete telefonica del Vaticano.

Poco più di 500 abbonati. — Un telefono d'oro ed avorio. — Il papa se ne serve di frequente. Come funziona la piccola rete.

621.395.74 (456.31)

È stato distribuito nei giorni scorsi agli uffici ed ai singoli abbonati della Città del Vaticano il nuovo „Elenco Telefonico 1941“.

L'interessante prezioso volume non ha certo niente a che vedere con i massicci „elenchi telefonici“ che siamo abituati ad avere tra mano, irti di mille e di duemila pagine, divise in tre, quattro o cinque colonne, gremite di nomi e di numeri stampati d'ordinario in carattere minuto; questo elenco telefonico vaticano si presenta come un modesto quadernetto dalla costola in tela rossa e dalla copertina in leggero cartoncino bianco tenuamente marmorizzato d'azzurro; un quadernetto di appena una cinquantina di pagine stampate su due colonne, in un bell'elzeviro di corpo 12 con nomi e numeri in neretto. L'elenco, oltre alle solite norme per l'uso del telefono, tariffe, avvertenze, ecc., si divide in tre parti: prima un elenco per ordine alfabetico; poi in carta gialla un „elenco numerico“; ed infine un „elenco alfabetico sussidiario“ contenente i numeri telefonici degli uffici e delle persone che, residenti in Roma, si servono di apparecchi della rete italiana.

I numeri telefonici vaticani vanno dal 100, numero della centrale, al 649; si tratta cioè, approssimativamente, di poco più di cinquecento apparecchi disseminati per gli edifici vaticani.

Cinquecento apparecchi comunque sono molti se si pensa alla microscopica superficie dello Stato Vaticano, al molto spazio che su di esso è fatto ai giardini, ed al limitatissimo numero dei cittadini vaticani. Questo ultimo raffronto anzi — fra il numero dei cittadini e quello degli apparecchi — fece scrivere a suo tempo, cioè 10 anni addietro, quando la rete telefonica vaticana venne impiantata che „lo Stato Vaticano è quello più sviluppato di tutti in fatto di comunicazioni telefoniche“. L'affermazione è vera soltanto teoricamente, e la proporzione di un apparecchio telefonico ogni due cittadini vaticani è approssimativamente giusta soltanto in astratto, giacchè in realtà dei cinquecento apparecchi installati sul territorio vaticano, oltre due terzi sono ad uso di uffici, nei quali lavorano persone che non hanno affatto la cittadinanza vaticana. Questo comunque, com'è evidente, non sminuisce minimamente l'importanza della rete telefonica vaticana che, per la perfezione dei suoi impianti e per il suo egregio funzionamento, rimane un vero modello del genere.

Naturalmente scorrendo l'elenco telefonico vaticano non ci si imbatte nel numero corrispondente

all'apparecchio o agli apparecchi del Santo Padre; eppure anche il Papa ha sul suo tavolo di lavoro il telefono e lo usa. Si tratta dell'apparecchio che una ditta costruttrice, all'indomani della Conciliazione volle regalare al Santo Padre. Esso è un apparecchio tutto in oro e avorio impreziosito di ceselli e di smalti bellissimi con lo stemma di Papa Ratti ed i simboli dei quattro Evangelisti. Se Pio XI come di ogni altro ritrovato della tecnica moderna non disdegno di fare uso anche del telefono, Sua Santità Pio XII — così riferisce „L'Eco di Bergamo“ — ne fa, a quanto si dice, un uso larghissimo, assai frequente ed abituale; consuetudine questa, com'è naturale pensare, acquistata o almeno particolarmente intensificata durante la sua breve attività di Segretario di Stato. Egli è in comunicazione telefonica diretta con i suoi più immediati collaboratori, i quali sanno così che quando trilla il campanello di quel determinato apparecchio è il S. Padre in persona che chiama e desidera conferire e non hanno quindi necessità, sollevando il microfono di chiedere chi sia all'altro capo del filo.

La centrale telefonica vaticana, il cui funzionamento è stato affidato da poco più di un anno ai religiosi della Congregazione fondata da Don Orione, è installata al pianterreno del palazzo cosiddetto di Pio X, nei prati di Belvedere, ha una capacità potenziale di ottocento numeri e di quattrocento conversazioni all'ora; essa, per mezzo di trenta cavi — 15 d'entrata e 15 di uscita — è collegata con la rete urbana di Roma, gestita dalla Soc. Telefonica Tirrena, e sei linee la collegano altresì direttamente con la Centrale Viminale Statale per le conversazioni interurbane. In tal modo la rete telefonica vaticana può teoricamente comunicare direttamente con più di 33 milioni di apparecchi telefonici sparsi per tutto il mondo.

Il macchinario di cui è dotata, registra automaticamente ogni chiamata e se questa è sbagliata viene trasferita, sempre automaticamente, al centralino che provvede a rettificare; in tal modo la provenienza di ogni chiamata è sempre perfettamente identificabile. La rete telefonica vaticana stesa su appena quattro chilometri quadrati di superficie è costituita da ben 450 chilometri di filo doppio di rame, parte sotto piombo e parte in cavi sotterranei.

Come è facile pensare, l'ufficio vaticano che dispone di un maggior numero di apparecchi è la Segreteria di Stato, che ne ha in dotazione una cinquantina.

(Rivista delle telecomunicazioni e dei Servizi post., Roma, giugno 1941.)

Betrachtungen über die Wechselwirkungen zwischen Fahrdräht und Stromabnehmern verschiedener Bauart.

Von G. Sulzberger, a. Kontrollingenieur, Bern.

621.336.322

Massgebend für den Bau der Fahrleitungen elektrischer Bahnen und der Stromabnehmer der Triebfahrzeuge sind:

1. Die eidg. Verordnung über die elektrischen Einrichtungen von Bahnen vom 7. Juli 1933 (V. e. B.).

2. Die Verfügung des eidg. Post- und Eisenbahn-departements für den Schutz der Radioempfangsanlagen gegen radioelektrische Störungen, hervorgerufen durch Stark- und Schwachstromanlagen, vom 29. Januar 1935 (V. R. St.).

Die hauptsächlich in Betracht fallenden Bestimmungen lauten:

Für die *Fahrleitungen*:

Art. 12, V. e. B.: „Fahrleitungen sind so zu erstellen, dass die Stromabnahme bei der für die betreffende Strecke höchstzulässigen Fahrgeschwindigkeit eine möglichst ununterbrochene und sichere ist.“

Art. 28, V. R. St.: „Fahrleitungen sollen möglichst so erstellt werden, dass auch bei den grössten Fahrgeschwindigkeiten keine Unterbrechungen des Kontaktes zwischen dem Fahrdräht und den Stromabnehmern erfolgen. Alle zu Funken Anlass gebenden Unregelmässigkeiten sind tunlichst zu vermeiden.“

Dazu eine Erläuterung.

Für die *Stromabnehmer*:

Art. 38, Ziff. 1, V. e. B.: „Die Bauart der Stromabnehmer muss der Fahrleitung so angepasst sein, dass die Stromabnahme bis zur grössten Fahrgeschwindigkeit möglichst ununterbrochen und sicher erfolgt.“

Art. 30, V. R. St.: „Die Stromabnehmer sollen so beschaffen sein, dass der Stromübergang bei allen in Betracht fallenden Fahrgeschwindigkeiten tunlichst stetig und ohne Funkenbildung erfolgt.“

Dazu Erläuterung.

Art. 31, V. R. St.: „1. Geeignete Schleifstücke sind Rollen vorzuziehen.

2. Die Schleifstücke sollen so gelagert sein, dass sie dauernd möglichst plan am Fahrdräht anliegen.

3. Der Anpressungsdruck der Schleifstücke an den Fahrdräht soll in allen Lagen einen der Bauart des Stromabnehmers und der Fahrleitung angepassten, zur Störungsvermeidung genügenden Betrag nicht unterschreiten.“

Dazu Erläuterungen.

Art. 32, V. R. St.: „Als Material für die Schleifstücke soll wo immer möglich Kohle verwendet werden.“

Dazu Erläuterung.

Die Vorschriften der V. e. B. und der V. R. St. decken sich weitgehend, sowohl bezüglich der Fahrleitungen, als der Stromabnehmer. Sie verfolgen beide das gleiche Ziel, einen dauernd guten und gleichmässigen Kontakt zwischen der Leitung und den Stromabnehmern sicherzustellen. Ihrer besondern Bedeutung entsprechend legt die V. R. St. dabei besonderes Gewicht auf die Vermeidung von Funken. Wichtig ist, dass die gestellten Bedingungen auch bei den grössten Fahrgeschwindigkeiten noch tunlichst erfüllt sein sollen. Ferner ist zu beachten, dass die Bauart der Leitung und diejenige der Stromabnehmer so aufeinander abgestimmt sein muss, dass das Ziel

möglichst gut erreicht wird. Tatsächlich sollen ja die *Leitung und die Stromabnehmer ein zusammengehöriges Ganzes* bilden. Ist der eine Teil gegeben, so muss der andere ihm angepasst werden. Nötigenfalls hat sich die Anpassung auf beide Teile zu erstrecken. Das gilt besonders, wenn es sich darum handelt, bestehende Anlagen radiostörfreier zu machen. Dabei ist aber nicht zu vergessen, dass jede Verbesserung, die in diesem Sinne getroffen wird, sich als Verbesserung nicht nur für den einen Zweck (Verminderung der Radiostörwirkung), sondern auch für den andern auswirkt (gute und sichere Traktionsverhältnisse, Erhöhung der Lebensdauer der Anlageteile, geringere Unterhaltungskosten). Diese Tatsache darf namentlich nicht aus dem Auge gelassen werden, wenn die Anpassungskosten von verschiedenen Interessenten getragen werden müssen.

Nachstehend sollen diese Fragen in ihrem gegenseitigen Zusammenhang näher untersucht werden:

Zunächst sei die *Wirkung des Stromabnehmerdruckes auf die Zugbeanspruchung eines zwischen 2 festen Punkten starr aufgehängten Fahrdrähtes* untersucht. Es bezeichne, unter Hinweis auf Abb. 1:

a die Spannweite des Drahtes in m.

f den Durchhang des Drahtes in m.

G das Gewicht des Drahtes in kg/m.

q den Querschnitt des Drahtes in mm².

σ die Zugspannung des Drahtes in kg/mm².

Z_h , Z_v und Z_r die Zugkräfte nach Abb. 1 und

P den Stromabnehmerdruck in kg,

so ist unter der für so kurze Spannweiten zulässigen Annahme, der Draht habe Parabelform, für $P = 0$

$$Z_h = \frac{G \cdot a^2}{8f}; Z_v = G \cdot \frac{a}{2}; Z_r = \sqrt{Z_h^2 + Z_v^2} = Z_h + f \cdot G.$$

Befindet sich der Stromabnehmer mit dem Druck P in der mit 1 bezeichneten Stellung $\left(\frac{a}{2}\right)$, ist

$$Z_h \cdot f' = \frac{G \cdot a}{2} \cdot \frac{a}{4} - P \cdot \frac{a}{2} = a \left(\frac{G \cdot a}{8} - \frac{P}{2} \right)$$

$$Z_h = \frac{a}{f'} \left(\frac{G \cdot a}{8} - \frac{P}{2} \right)$$

Dabei bedeutet f' den unter dem Einfluss von P verminderten Durchhang des Drahtes.

Befindet sich der Stromabnehmer in Stellung

2 $\left(\frac{a}{4}\right)$, wird

$$Z_h = \frac{a}{f'} \left(\frac{G \cdot a}{8} - \frac{P}{4} \right)$$

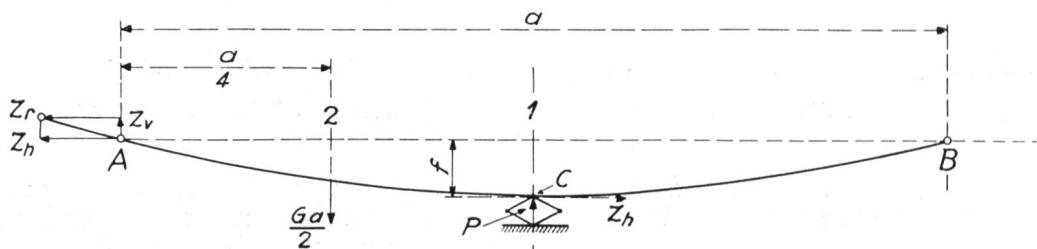


Abb. 1.

Allgemein, wenn P in Stellung $\frac{a}{n}$

$$Z_h = \frac{a}{f'} \left(\frac{G \cdot a}{8} - \frac{P}{n} \right) \quad (1)$$

Nach Gleichung (1) würde unter den dafür gültigen Voraussetzungen $Z_h = 0$ für

$$\frac{G \cdot a}{8} - \frac{P}{n} = 0, \text{ oder } P = \frac{G \cdot a \cdot n}{8} \quad (2)$$

Ist $n = 2$ (also P in $\frac{a}{2}$), wird $Z_h = 0$, wenn $P = \frac{G \cdot a}{4}$,

also wenn $P = \frac{1}{4}$ des Drahtgewichtes der Spannweite erreicht. Dieser Fall käme der Einfügung eines Zwischenstützpunktes in der halben Spannweite gleich. f' würde dabei an der Stützstelle = 0 und massgebend für die verbleibende Zugbeanspruchung wäre der Durchhang in der Mitte der neu entstandenen halben Spannweiten bei gleicher Länge des Drahtes. Anderseits wird für die Stellung $n = \infty$ (P unter einem Aufhängepunkt), $\frac{P}{n} = 0$ und Z_h

wird $= \frac{G \cdot a^2}{8 \cdot f'}$, entsprechend dem Fall $P = 0$, d. h. dem Fall des freihängenden, nicht beschliffenen Drahtes.

Wie aus (1) hervorgeht, bewirkt also der Stromabnehmerdruck eine Verminderung der Zugbeanspruchung des Drahtes um den Betrag $\frac{a \cdot P}{n \cdot f'}$. Sie ist für einen gegebenen Wert von P am grössten, wenn sich der Stromabnehmer in der Mitte der Spannweite befindet, und sinkt mit zunehmender Verschiebung von P gegen die Aufhängepunkte hin auf 0 im Zeitpunkt der Erreichung dieser letzteren Stellung. Im Gegensatz zu gewöhnlichen Freileitungen erleidet somit der Fahrdrat infolge der Beschleifung durch die Stromabnehmer der Triebfahrzeuge örtlich begrenzte, momentane Verminderungen seiner Zugbeanspruchung, die dem Betrag $\frac{a \cdot P}{n \cdot f'}$, entsprechen.

Der Vorgang wird ohne weiteres verständlich, wenn man bedenkt, dass durch P das Drahtgewicht teilweise kompensiert wird, was einer Verminderung von G in Gleichung (1) entspricht. Durch das Anheben des Drahtes durch P wird zugleich f verkleinert. Der scheinbare Widerspruch der Abnahme von Z_h mit abnehmendem f löst sich folgendermassen:

Durch die Entlastung des Drahtgewichtes G, bzw. Z_v durch P wird das im Ruhezustand an den Aufhängestellen bestehende Gleichgewicht zwischen den Zügen Z_h der aneinander angrenzenden Spannweiten gestört. Es entsteht dadurch an diesen Stellen ein

einseitiger Zug, der voll zur Auswirkung kommt, wenn sie sich in der Längsrichtung nicht verschieben können. Diese Verschiebungsmöglichkeit ist tatsächlich immer mehr oder weniger vorhanden. Die infolge der Differenzzüge eintretende Verschiebung der Drahtaufhängestellen kommt einer Vergrösserung der beschliffenen Spannweite gleich¹⁾; dadurch wird im Ausdruck $\frac{G \cdot a^2}{8 \cdot f}$ die Abnahme von G und f durch die Zunahme von a soweit ausgeglichen, als es der Widerstand der Drahtaufhängestellen gegen Längs-

¹⁾ Wird ein starr aufgehängter Draht in der Mitte der Spannweite bis zur Verbindungssehne der Aufhängepunkte gestützt, die Spannweite also halbiert, so gilt folgendes:

$$l = a + \frac{8 f^2}{3 a}$$

$$f = \sqrt{(l-a) \cdot \frac{3a}{8}}; \sigma = \frac{G \cdot a^2}{8f}$$

Sei $a = 35$ m, $\sigma_{+20^\circ} = 3$ kg/mm², ist für Cu (1 mm²)

$$f = \frac{0,0089 \cdot 35^2}{8 \cdot 3} = 0,451 \text{ m.}$$

$$l = 35 + \frac{8 \cdot 0,451^2}{3 \cdot 35} = 35,0455 \text{ m}$$

$$l' = \frac{1}{2} = 17,52275 \text{ m. Somit } 17,52275 = 17,5 + \frac{8 \cdot f'^2}{3 \cdot 17,5}$$

$$f'^2 = \frac{0,02275 \cdot 52,5}{8} = 0,15 \text{ m}^2.$$

$$f' = 0,387 \text{ m}; \sigma' = \frac{0,0089 \cdot 17,5^2}{8 \cdot 0,387} = 0,887 \text{ kg/mm}^2$$

$$l' \cdot \frac{\Delta\sigma}{E} = 17,523 \cdot \frac{3 - 0,887}{11500} = 0,00322 \text{ m (Elast. Verkürzung)}$$

$$l' \text{ korrig. } 17,52275 - 0,00322 = 17,51953 \text{ m}$$

$$f' \text{ korrig. } = \sqrt{0,01953 \cdot 52,5} = 0,357 \text{ m}; \sigma' \text{ korrig. } = 0,95 \text{ kg/mm}^2.$$

Die Zugspannung im Durchhangsscheitel geht also von 3 auf 0,95 kg/mm² zurück. Sind A und B verschiebar, so tritt Spannungsausgleich mit den übrigen Spannweiten dadurch ein, dass sich A und B je um einen gewissen Betrag nach auswärts verschieben. Für vollen Ausgleich muss der Durchhang der halben Spannweite werden

$$f'' = \frac{0,0089 \cdot 17,5^2}{8 \cdot 3} = 0,1135 \text{ m.}$$

Der annähernd gleichbleibenden Drahtlänge von 17,51953 m entspricht bei diesem f eine vergrösserte Spannweite x, die der Gleichung genügen muss

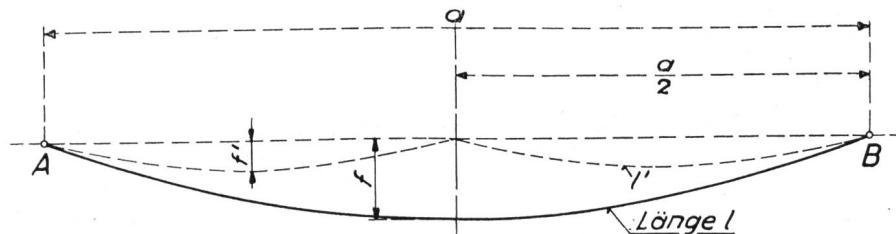
$$17,51953 = x + \frac{8 \cdot 0,1135^2}{3 \cdot x}, \text{ woraus}$$

$$x = 8,76 \pm \sqrt{\frac{17,52^2}{4} - 0,03435} = 17,526 \text{ m}$$

Somit Verschiebung der Aufhängestellen A und B je

$$\frac{17,526 - 17,5}{2} = 0,013 \text{ m} = 1,3 \text{ cm.}$$

Besteht keine Verschiebungsmöglichkeit der Aufhängungen, entsteht daselbst momentan einseitiger Zug von $3 - 0,95 = 2,05$ kg/mm², also bei beispielsweise 105 mm² Querschnitt einseitiger Zug von $105 \cdot 2,05 = 225$ kg.



verschiebungen zulässt. In den vorstehenden Ueberlegungen ist der Umstand, dass auch die bei der Abnahme der Zugbeanspruchung des Drahtes ein-tretende elastische Verkürzung desselben ($l \cdot \frac{\Delta\sigma}{E}$) zum Spannungsausgleich beiträgt, nicht berücksichtigt.

Da starke Wechsel der Beanspruchung des Drahtes und einseitige Züge an seinen Befestigungsstellen für seine Sicherheit schädlich sind, sollten sie möglichst beschränkt werden. Nach den vorstehenden Ausführungen kann das geschehen durch folgende Mittel:

Beschränkung der Spannweiten und des Stromabnehmerdruckes, leichte Längsverschiebungsmöglichkeit der Drahtaufhängestellen.

Wie später gezeigt werden soll, bedingen grosse Spannweiten (mit grossem Durchhang) auch einen grossen Stromabnehmerdruck. Diese beiden Faktoren stehen somit in enger Beziehung zueinander.

Obschon starre Fahrdrähtbefestigungen ohne Längsverschiebungsmöglichkeit praktisch nicht vorkommen, mögen an einem Zahlenbeispiel die Verhältnisse für einen extremen Fall einer Leitung mit starrer Ein-fachaufhängung des Drahtes näher beleuchtet werden:

Es sei für einen Fahrdräht aus Kupfer von 107 mm^2 Querschnitt mit starren Aufhängestellen, $a = 35 \text{ m}$, $G = 0,955 \text{ kg/m}$, $P = 6 \text{ kg}$, $\sigma_{-20^\circ} = 9 \text{ kg/mm}^2$, Z_h somit 963 kg , so ist $f_{-20^\circ} = 0,15 \text{ m}$, $\sigma_{+20^\circ} = 3,65 \text{ kg/mm}^2$, $Z_{h+20^\circ} = 383 \text{ kg}$, $f_{+20^\circ} = 0,373 \text{ m}$.

Man findet nach (1) für:

$$n \dots \dots \dots = 10 \quad 8 \quad 6 \quad 4 \quad 2$$

Abstand P von nächster

Aufhängung . = 3,5 4,47 5,84 8,75 17,5 m
 Z_h reduziert auf . = 326 324 289 240 102 kg
 In % von $Z_{h \max}$. = 85,5 84,5 75,6 62,8 26,4 %

Für den gleichen Draht mit $a = 12,0 \text{ m}$, $P = 3 \text{ kg}$, wird $Z_{h+20^\circ} = 215, 43,5 \text{ kg}$. $f < 0 \dots \dots$

Das letzte Beispiel zeigt, wie schon bei Spannweiten von 12 m oder weniger bei einem P von nur 3 kg bereits in 2 m Abstand von der nächsten Aufhängestelle des Drahtes der Durchhang durch P auf 0 reduziert und damit eine beträchtliche Verbesserung erzielt wird. Die Ideallösung des durchhangsfreien, in einer zur Fahrbahn parallelen Ebene gleichmässig

elastisch aufgehängten Fahrdrähtes von gleichmässig verteilter Masse kann zwar praktisch nicht verwirklicht werden. Es geht aber aus dem Gesagten deutlich hervor, wie wünschbar es schon im vorstehend besprochenen Zusammenhang (Zugbeanspruchung des Drahtes) erscheint, sich dieser Lösung tunlichst zu nähern. Das Mittel hiezu bietet die Kettenlinien- oder Vielfachaufhängung, besonders wenn damit eine Vorrichtung zur automatischen Konstanthaltung der Durchhänge verbunden wird.

Nach Art. 15, Ziff. 1 der V. e. B. dürfen Fahrdrähte nicht stärker gespannt werden, als bis zu einem Viertel ihrer Zerreissfestigkeit. Ihre Sicherheit gegen Bruch kann daher durch die normalerweise auftretenden Zugbeanspruchungen nicht gefährdet werden. Auch die hievor nachgewiesenen momentanen Aenderungen der letztern geben zu keinen Bedenken Anlass, da sie im Bereich der Elastizitätsgrenze des Materials bleiben. Die Fahrdrähte werden aber ausserdem durch den Stromabnehmerdruck auf Biegung beansprucht, in ungünstigen Fällen sogar schlagartig. Wie die Zug- ist auch ihre Biegungsbeanspruchung an den Aufhängestellen am grössten. Nachstehend sollen diese Verhältnisse im Zusammenhang mit verschiedenen der üblichen Stromabnehmerarten und mit den Fahrgeschwindigkeiten näher untersucht werden. Der Betrachtung sei der ungünstigste Fall des an einem festen Träger starr befestigten Drahtes mit verhältnismässig grosser Spannweite zugrunde gelegt. Ein solcher Draht weist in der Ansicht schematisch folgendes Bild auf (Abb. 2).

Es sei einfacheitshalber vorausgesetzt, der als konstant angenommene Druck P des Stromabnehmers auf den Draht sei auf einen Punkt konzentriert (z. B. Kontaktrolle). Diesem Druck wirkt in jedem Punkt der Spannweite ein gewisser Betrag des Drahtgewichtes entgegen. In der Mitte der Spannweite ist er am geringsten, nämlich $G \cdot \frac{a}{4}$. Er nimmt gegen die Aufhängestellen hin zu und erreicht daselbst das volle Gewicht einer Spannweite, also $G \cdot a$. Die wirksame Differenz beider Kräfte wächst somit von $G \cdot a - P$ auf $G \cdot \frac{a}{4} - P$ in der Mitte der Spannweite,

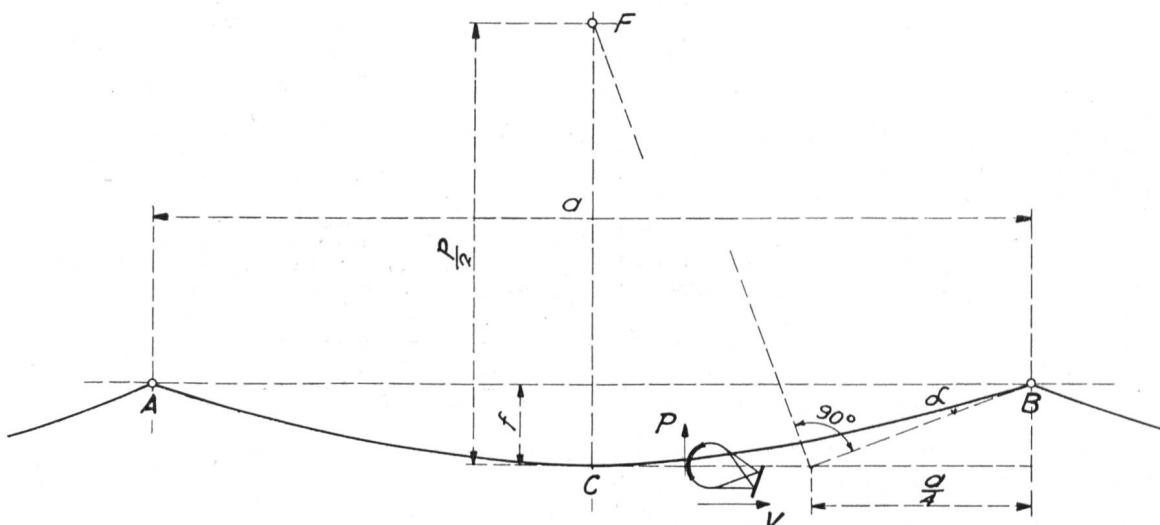


Abb. 2.

um dann am nächsten Aufhängepunkt wieder auf den ersteren Betrag abzunehmen.

Aus den bereits angeführten und noch näher anzugebenden Gründen sollte P möglichst niedrig gehalten werden und jedenfalls den Betrag von 8—9 kg nicht überschreiten. Für den kleinsten in Betracht fallenden Kupferquerschnitt von 70 mm² beträgt G = 0,622 kg/m, somit bei beispielsweise 35 m Spannweite G · a = 21,7 kg und $G \cdot \frac{a}{4} = 5,4$ kg. In diesem Falle

würde also ein P von > 6 kg den Draht im mittleren Teil der Spannweite heben, und zwar um soviel, bis ein gleich schwerer Teil des Drahtes darauf zum Aufruhen käme. Das würde im vorliegenden Fall einer zusätzlichen Länge zu $G \cdot \frac{a}{4}$ von 4,13 m entsprechen. Somit würde der Draht im mittleren Teil auf eine Länge von $4,13 + 8,76$ m = 12,89 m durch P ganz entlastet, der ursprüngliche Durchhang dieses Teiles teilweise aufgehoben und infolgedessen eine entsprechende momentane Änderung seiner dem Ruhezustand entsprechenden Biegungsbeanspruchung eintreten. Die Grösse dieser Änderung wäre P proportional. Solche Spannungswechsel sind für die Festigkeit des Drahtes schädlich, wenn sie ein gewisses Mass übersteigen. Wird auch dieses Mass im allgemeinen praktisch nicht erreicht, so bestätigen diese Darlegungen doch, dass auch von diesem Gesichtspunkt aus der Stromabnehmerdruck möglichst klein gehalten werden sollte.

Dass dies auch vom Gesichtspunkt der Draht- und Schleifstückabnutzung aus geboten erscheint, bedarf keiner besondern Begründung.

Wie schon bemerkt, treten aber die grössten Biegungsbeanspruchungen nicht in freier Spannweite, sondern an den Aufhängestellen des Drahtes auf. Um dies zu verdeutlichen, diene folgendes:

Fährt ein mit Stromabnehmern ausgerüstetes Fahrzeug mit gleichförmiger Geschwindigkeit in der in Abb. 2 angegebenen Fahrrichtung, so steigt das Kontaktorgan vom Scheitelpunkt C (Tiefpunkt) der Durchhangskurve mit zunehmender Beschleunigung und Geschwindigkeit bis zum Aufhängepunkt B, wo es die grösste Steiggeschwindigkeit v'_{\max} erreicht. Nach der Ueberfahrung der nur kurzen Befestigungsklemme folgt augenblicklich eine Beschleunigung in umgekehrter Richtung auf dem am stärksten abwärts geneigten Teil des absteigenden Astes der folgenden Spannweite. Die bei der Aufwärtsbewegung im Stromabnehmer aufgespeicherte lebendige Arbeit muss bei der Ankunft des Kontaktorgans an der höchsten Stelle (Klemme) fast augenblicklich vernichtet und ebenso rasch ein gleich grosser Betrag für die Abwärtsbeschleunigung aufgewendet werden. Die für beides nötige Arbeit konzentriert sich auf die Fahrdrahtklemme B und ein kurzes Stück der unmittelbar darauf folgenden Drahtstrecke und ist auf eine äusserst kurze Zeit beschränkt. Der dieser Arbeit entsprechende Druck wirkt sich daher schlagartig aus und erzeugt dementsprechend eine Schlag-Biegebeanspruchung des Drahtes an seiner Austrittsstelle aus der Klemme, an welcher auch die reine Zugbeanspruchung am grössten ist. Tatsächlich kann man an diesen Stellen nicht nur die grössten

Drahtabnutzungen, sondern in ungünstigen Fällen auch Formveränderungen, wie sie bei Schlagbeanspruchungen auftreten, feststellen. Unter diesen Umständen ist es nicht verwunderlich, wenn auch Drahtbrüche an diesen Stellen am häufigsten sind.

Eine einigermassen genaue rechnerische Verfolgung der Vorgänge stösst auf grosse Schwierigkeiten, weil die Verhältnisse in bezug auf Spannweiten, Querschnitt und Aufhängungsart der Drähte, Art der Stromabnehmer usw. äusserst verschieden sind. Um immerhin einen Begriff von der ungefähren Grösse der auftretenden Kräfte zu bekommen, möge folgende Betrachtungsweise dienen:

Es kann angenommen werden, das Kontaktorgan erreiche seine grösste Steiggeschwindigkeit an der in der Fahrrichtung am stärksten nach aufwärts geneigten Stelle des Fahrdrähtes. Diese Neigung entspricht der im Punkte B an die Parabel angelegten Tangente, die mit der Verbindungsstrecke A—B den Winkel α bilden. Dann ist, unter Hinweis auf Abb. 2, wenn p den Parameter der Durchhangsparabel bedeutet:

$$\begin{aligned}\frac{a}{4} : f &= \frac{p}{2} : \frac{a}{4}; p = \frac{a^2}{8f}; \\ \operatorname{tg} \alpha &= \frac{4f}{a} = \frac{g \cdot a}{2\sigma}\end{aligned}\quad (3)$$

(g = Gewicht in kg von 1 m Draht mit 1 mm² Querschnitt.)

Bezeichnet v_{\max} die grösste Fahrgeschwindigkeit in m/sec., würde nach dem Gesagten die grösste Steiggeschwindigkeit des Kontaktorgans den Betrag von $v'_{\max} = v \cdot \operatorname{tg} \alpha$ m/sec. erreichen.

Legt man der weitern Betrachtung einen Stromabnehmer vom Typ des einarmigen Hebels, z. B. vom üblichen Bügeltyp zugrunde, so kann dessen Masse (M) als im Schwerpunkt konzentriert angenommen werden. Die bei der Erreichung des Punktes B gesammelte lebendige Arbeit erreicht den Betrag $\frac{1}{2}Mv'^{1/2}$, wobei v' die auf den Schwerpunkt reduzierte grösste Steiggeschwindigkeit des Kontaktorgans in m/sec. bedeutet. Unmittelbar nach der Ueberfahrung von B muss ein gleicher Arbeitsbetrag für die Abwärtsbeschleunigung des Bügels aufgewendet werden. Beide Beträge kommen auf einer sehr kurzen Strecke und praktisch annähernd gleichzeitig zur Auswirkung, nämlich auf der Länge der Drahtklemme in B und eines ungefähr gleichlangen Stückes des unmittelbar daran anstossenden, um den Winkel α nach abwärts geneigten Leiterastes. Dieser, der lebendigen Arbeit entsprechende Betrag ist daher doppelt in Rechnung zu stellen. Im übrigen kann angenommen werden, der Druck P behalte seinen Wert unverändert bei.

Folgendes Beispiel diene zur Erläuterung des Gesagten. Sei:

$$\begin{aligned}a &= 35 \text{ m}, V_{\max} = 50 \text{ km/h}, v \text{ somit} = 14 \text{ m/sec.} \\ \sigma_{-20^\circ} &= 9 \text{ kg/mm}^2, \sigma_{+20^\circ} = 3,65 \text{ kg/mm}^2, \\ f_{-20^\circ} &= 0,155 \text{ m}, f_{+20^\circ} = 0,37 \text{ m}, g = 0,0089 \text{ kg/cm}^3\end{aligned}$$

Damit wird

$$\begin{aligned}\operatorname{tg} \alpha_{-20^\circ} &= \frac{4 \cdot 0,155}{35} = 0,0177 \\ \operatorname{tg} \alpha_{+20^\circ} &= \frac{4 \cdot 0,37}{35} = 0,0423\end{aligned}$$

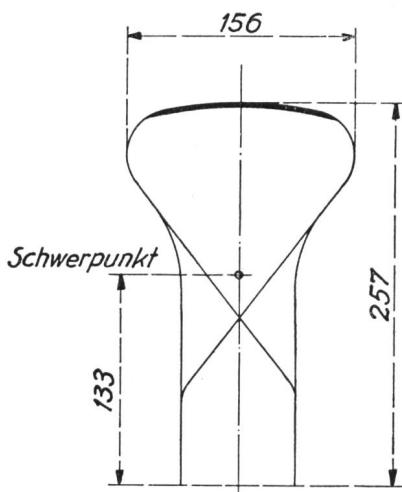


Abb. 3.

$$v'_{-20^\circ} = 14 \cdot 0,0177 = 0,248 \text{ m/sec.},$$

$$v'_{+20^\circ} = 14 \cdot 0,0423 = 0,592 \text{ m/sec.}$$

Für einen 15 kg schweren Bügelstromabnehmer von den in Abb. 3 angegebenen Abmessungen wird

$$v''_{-20^\circ} = 0,248 \cdot \frac{1,39}{2,57} = 0,1343 \text{ m/sec.}, v''_{+20^\circ} = 0,32 \text{ m/sec.}$$

$$\frac{1}{2} \cdot M \cdot v''_{-20^\circ}^2 = \frac{15}{9,81 \cdot 2} \cdot 0,248^2 = 0,0473 \text{ mkg} \cdot 2 = 0,0946 \text{ m kg}$$

$$\frac{1}{2} \cdot M \cdot v''_{+20^\circ}^2 = \frac{15}{9,81 \cdot 2} \cdot 0,32^2 = 0,08 \text{ mkg} \cdot 2 = 0,16 \text{ m kg}$$

Da der Weg, auf den sich diese Arbeit verteilt, etwas mehr als die doppelte Klemmenlänge (ca. 12 cm, total also ca. 25 cm) ausmacht, kann angenommen werden, es entspreche dieser Arbeit ein mittlerer zusätzlicher Druck zu P von

$$\frac{100}{25} \cdot 0,0946 = 0,378 \text{ kg}$$

bei -20° C bis $4 \cdot 0,16 = 0,64 \text{ kg}$ bei $+20^\circ \text{ C}$. Dieser Arbeitsprozess spielt sich innert nur ca. $\frac{0,25}{14} = 0,018 \text{ sek. ab}$. Das zeigt, dass der zusätzliche

Druck zu P sich als Schlag auswirkt, dessen momentane Spitze höher ist als der berechnete mittlere Druck. Eine genaue Berechnung ist ausgeschlossen, da das Ergebnis von einer ganzen Reihe von Fall zu Fall verschiedener Faktoren, wie Elastizität der Aufhängung, Stromabnehmerbauart, Drahtform und -querschnitt u. a., beeinflusst wird. Ist der Schlag scheinbar nicht sehr beträchtlich, so ist er auf die Dauer in seinen Auswirkungen doch dem „steten Tropfen“ vergleichbar, der „den Stein höhlt“. Jedenfalls sind solche Schläge, wenn sie ein bestimmtes Mass übersteigen, nicht nur für die Festigkeit des Drahtes nachteilig, sondern sie verursachen auch Kontaktunregelmässigkeiten, die in jeder Hinsicht schädlich sind, wenn sie das zulässige Mass übersteigen. Dass dem so ist, beweist die Erfahrung, und zwar nicht nur für Stromabnehmer vom Bügel-, sondern auch vom Pantographentyp und grundsätzlich ohne Rücksicht auf das Material der Stromabnehmerschleifstücke. Im Interesse der Beschrän-

kung der Schlag-Biegebeanspruchung sollte also $\operatorname{tg} \alpha$ möglichst niedrig gehalten werden. Das bedingt kleine Spannweiten und starke Anspannung (σ in Formel (4)) des Drahtes bis zur zulässigen Grenze von $\frac{1}{4}$ seiner Zerreissfestigkeit (bei -20° C , wenn keine Nachspannvorrichtungen vorhanden sind). Der durch grössere Schlag-Biegebeanspruchung entstehende Schaden bei lose gespanntem Draht ist zweifellos weit grösser, als der mehr vermeintliche durch höhere Zugbeanspruchung. Steigern sich unter ungünstigen Verhältnissen die Kontaktunregelmässigkeiten zu eigentlichen Kontaktunterbrüchen, so sind daran meist nicht nur die Leitungsgegebenheiten, sondern auch andere Ursachen schuld, wie grosse, unausgeglichene Massen und Reibungswiderstände der Stromabnehmer, Schwingungen derselben, verursacht durch Schläge und Erschütterungen aller Art, auch durch schlechten Geleisezustand und ungünstige Bauart und Beschaffenheit der Triebfahrzeuge. Es zeigt sich eben immer wieder, dass die Leitungsbauart und diejenige der Stromabnehmer aufeinander „abgestimmt“ sein müssen, wenn das in den „Verordnungen“ angegebene Ziel befriedigend erreicht werden soll.

Über die unter verschiedenen Verhältnissen erforderliche Bauart der Leitungen enthalten die „Verordnungen“ keine näheren Bestimmungen. Sie setzen nur fest, dass bei Einfachaufhängung die Spannweite 35 m, dass die grösste Zugbeanspruchung $\frac{1}{4}$ der Zerreissfestigkeit der Drähte nicht überschreiten darf und dass bei Fahrleitungen mit Vielfachaufhängung selbsttätige Nachspannvorrichtungen einzubauen sind, wenn die Fahrgeschwindigkeit mehr als 60 km/h beträgt (Art. 14 und 15 V. e. B.). Sie geben aber keine Antwort auf die Frage, in welchen Fällen Einfachaufhängung der Leitung genügt und in welchen Vielfachaufhängung nötig ist. Es erscheint aber wünschbar, Anhaltspunkte für die Beantwortung dieser Frage zu besitzen.

Auf Grund der vorstehenden Ausführungen dürfte es nun möglich sein, Richtlinien hiefür aufzustellen. Es kann sich nur um solche, also nicht um allgemein gültige Vorschriften handeln, denn sie müssen den grossen Verschiedenheiten bezüglich der Fahrleitungsaufhängung, der Bauart der Fahrzeuge und ihrer Stromabnehmer, der Fahrbahn und ihres Unterhaltungszustandes Rechnung zu tragen erlauben. Massgebend ist hauptsächlich die grösste Steiggeschwindigkeit des Stromabnehmers (v') in Abhängigkeit von $\operatorname{tg} \alpha$ und von der grössten Fahrgeschwindigkeit V in km/h. Als „Güteziffer“ einer Fahrleitung kann somit

das Produkt $v \cdot \operatorname{tg} \alpha$ oder $\frac{V}{3,6} \cdot \operatorname{tg} \alpha$ betrachtet

werden, wobei nach (3) $\operatorname{tg} \alpha = \frac{4f}{a} = \frac{g \cdot a}{2\sigma}$ ist.

Bezeichnet man diese „Güteziffer“ mit c , ist somit:

$$c = \operatorname{tg} \alpha \frac{V}{3,6} = \frac{1,11 \cdot V \cdot f}{a} = \frac{0,00124 \cdot V \cdot a}{\sigma} \quad (\text{für Cu})$$

Da aber nach dieser Schreibweise die „Güte“ der Leitung der Ziffer umgekehrt proportional wäre, wird für c besser der reziproke Betrag gewählt, also

$$c = \frac{3,6}{\operatorname{tg} \alpha \cdot V} = \frac{a}{1,11 \cdot V \cdot f} = \frac{\sigma}{0,00124 \cdot V \cdot a} \quad (4)$$

Gestützt auf ausgeführte Fahrleitungen, die vom Traktions- und vom Radiostörstandpunkt aus betrachtet noch als befriedigend („Normalfall“) bezeichnet werden können, kann man für Bahnen mit ähnlichen Verhältnissen den nötigen Minimalwert von c annehmen und daraus, unter Benutzung von (4), für andere V die höchstzulässigen a bzw. f oder umgekehrt, für gegebene Fahrleitungen den höchstzulässigen Betrag von V ermitteln. Handelt es sich dabei um stark vom „Normalfall“ abweichende Verhältnisse, kann diesen durch passende Koeffizienten Rechnung getragen werden.

Die Benutzung dieser Methode möge an einem Beispiel erläutert werden. In den durch Ersatz der Lyrabügel durch Pantographen mit Kohlenschleifstück entstörten städtischen Trambetrieben haben die Fahrleitungen Spannweiten von ca. 30 bis 35 m. Es kann angenommen werden, sie seien so gespannt, dass ihre Zugbeanspruchung bei $-20^\circ C = \frac{36}{4} = 9 \text{ kg/mm}^2$ beträgt. Nachspannvorrichtungen sind bei solchen Leitungen in der Regel nicht üblich. Ihre Zugbeanspruchung beträgt daher bei $+25^\circ C$ $\sigma_{+25^\circ} = 3,05 \text{ kg/mm}^2$ für $a = 30 \text{ m}$ und $3,33 \text{ kg/mm}^2$, für $a = 35 \text{ m}$. f_{+25° für $a = 30 \text{ m} = 0,33 \text{ m}$ bzw. $0,414 \text{ m}$ für $a = 35 \text{ m}$.

Betrachtet man diese Leitungen als „normal“ unter Berücksichtigung der in Betracht fallenden übrigen Verhältnisse (gute Fahrbahn, Pantographen mit Kohlenschleifstück, Fahrdräht elastisch aufgehängt), so findet man die entsprechende „Güteziffer“ für $V_{\max} = 35 \text{ km/h}$. zu

$$\frac{30}{1,11 \cdot 35 \cdot 0,33} = \frac{3,05}{0,00124 \cdot 35 \cdot 30} = 2,33 \text{ für } a = 30 \text{ m},$$

$$\frac{35}{1,11 \cdot 35 \cdot 0,414} = \frac{3,33}{0,00124 \cdot 35 \cdot 35} = 2,17 \text{ für } a = 35 \text{ m}$$

Die grössere Ziffer ist eher als untere Grenze für derartige Betriebe anzusehen, denn erfahrungsgemäß treten bei Spannweiten von 35 m und Fahrgeschwindigkeiten zahlenmäßig gleicher Grösse unter ungünstigen Verhältnissen schon erhebliche Kontaktunregelmässigkeiten auf. Es erscheint daher angezeigt, auch in solchen Fällen wenn immer möglich für c einen Betrag von ca. 2,5 anzustreben. Handelt es sich jedoch um Bahnen mit leichtem und schlecht liegendem Geleise oder um Triebfahrzeuge mit Lyrabügeln (windempfindlich), besonders solchen mit schweren Kohleschleifstücken, sollte mit höheren Güteziffern gerechnet werden.

Beispiel:

Auf dieser Grundlage sei eine Fahrleitung einer schmalspurigen Ueberlandbahn geprüft mit folgenden Verhältnissen: $V_{\max} = 50 \text{ km/h}$, Fahrleitung mit wenig elastischer Einfachaufhängung $a = 35 \text{ m}$. σ_{-20° sei $= 9 \text{ kg/mm}^2$, dann ist $\sigma_{+25^\circ} = 3,35 \text{ kg/mm}^2$ und somit

$$c_{+25} = \frac{3,35}{0,00124 \cdot 50 \cdot 35} = 1,53.$$

Nach dem früher Gesagten ist somit die Leitung ungenügend für $V = 50 \text{ km/h}$. Unter Annahme von $c = 2,5$ wäre sie ausreichend für

$$V_{\max} \leq \frac{3,35}{0,00124 \cdot 2,5 \cdot 35} = 30 \text{ km/h. (bis } 33 \text{ km/h).}$$

Für $V_{\max} = 50 \text{ km/h}$ wäre die zulässige Spannweite unter Annahme von $\sigma_{+25^\circ} = 3,0 \text{ kg/mm}^2$.

$$a_{zul} = \frac{3,0}{0,00124 \cdot 50 \cdot 2,5} = 18 \text{ m.}$$

Für diese Spannweite würde aber mit $\sigma_{-20^\circ} = 9 \text{ kg/mm}^2$ $\sigma_{+25^\circ} = 2,2 \text{ kg/mm}^2$ statt der angenommenen 3 kg. Die Spannweiten dürften somit nur $\approx \frac{2,2}{3,0} \cdot 18 = 13 \text{ m}$ betragen, was *Vielfachaufhängung* bedingt. Würde die Leitung unter Beibehaltung der Tragseilstützpunktabstände von 35 m mit Vielfachaufhängung ohne automatische Nachspannvorrichtung ausgerüstet, so ergäbe sich unter Annahme von $\sigma_{-20^\circ} = 9 \text{ kg/mm}^2$, $\sigma_{+25^\circ} = 1,5 \text{ kg/mm}^2$ und einer Ziffer c = 2,8 der Abstand der Zwischenaufhängungen zu

$$a = \frac{1,5}{0,00124 \cdot 50 \cdot 2,8} \approx 8,5 \text{ m.}$$

Mit automatischer Konstanthaltung von $\sigma = 9 \text{ kg/mm}^2$ würde bei sonst gleicher Ausführung $c = 2,8 \cdot \frac{9,0}{1,5} = 16,7$. Dies zeigt drastisch den günstigen Einfluss der automatischen Konstanthaltung der Zugbeanspruchung (Gewichtsnachspannung).

Bei der Beurteilung dieser Zahlen darf allerdings nicht ausser acht gelassen werden, dass sie sich auf extreme Temperaturverhältnisse beziehen, wie sie nur selten und kurzzeitig vorkommen. Ferner trägt bei Vielfachaufhängung die errechnete „Güteziffer“ der Leitung der in diesem Falle meist grossen Elastizität der Fahrdrähtaufhängung und der gegenüber der Einfachaufhängung bedeutend besseren Verteilung des Fahrdrähtgewichtes auf eine vermehrte Zahl von Aufhängestellen nicht Rechnung. Berücksichtigt man dies, so ergibt sich auch bei Vielfachaufhängung ohne automatische Spannungsregulierung eine „Güte“ der Fahrleitung, die im betrachteten Beispiel als völlig ausreichend betrachtet werden könnte. Das ändert jedoch grundsätzlich nichts an der nachgewiesenen Vorteilhaftigkeit automatischer Spannvorrichtungen, für welche die gelegentlich verwendeten, nicht automatisch wirkenden nur einen sehr unvollkommenen Ersatz bilden.

Als Wegleitung dürfte es sich empfehlen, für c die in der Tabelle auf Seite 22 angegebenen Werte einzuhalten.

Anschliessend seien die verschiedenen *Typen von Stromabnehmern* kurz einer kritischen Betrachtung unterzogen:

Der in früheren Zeiten weitverbreitete Trolley- oder Rollenstromabnehmer hatte den grossen Uebelstand, leicht zu entgleisen. Die Bronzerollen mit seitlichen Führungsflanschen nützten den Fahrdräht stark und ungleichmässig ab, sie verloren im Betrieb ihre Rundung (liefen unrund) und bewirkten des nur punktförmigen Kontaktes wegen starke Funken und entsprechend heftige Radiostörungen. Der Rollenstromabnehmer muss dieser Uebelstände wegen als ungeeignet bezeichnet werden.

System	Nachspannvorrichtung	σ_{\min} bei +25° C kg/mm²	V _{max} km/h.	e
Starre Einfachaufhängung	Keine	2,5	25	3 — 3,5
Wenig elastische Einfachaufhängung (Kurze Queraufhängung an Auslegern)	Keine	≈ 2,5	30	2,2—2,4
Stark elastische Einfachaufhängung (Lange Querdrähte an Häusern u. dergl.)	Keine oder nicht-automatisch	≈ 3,5	35	2,3—2,7
Vielfachaufhängung (Zwischenlaufhängungen)	Keine	3,0	40	4 — 5
Vielfachaufhängung „	Nichtautomatisch	4,0	45	4,5—6,0
Vielfachaufhängung autokompensiert (Zogg, Ponte Corvo usw.)	Autokompensiert	7,0	50	6,5—8,5
Vielfachaufhängung	Automatisch (Gewichtsnachspg.)	8,5	60	6,5—8,5
Vielfachaufhängung	„	9,0	90	7 — 8,5

Die Verwendung eines trogförmigen *Kontaktschleifschuhes* oder -*löffels* an Stelle der Rolle hat sich besser bewährt. Er bildet neuerdings (übrigens gezwungenermassen) den normalen Stromabnehmertyp für Trolleybusfahrzeuge. In seiner jetzigen, verbesserten Ausführung mit geeignetem Kohleschleifstück entspricht dieser Stromabnehmer der V. R. St. befriedigend. Er erzeugt eine gute Drahtpolitur und sichert damit geringe Abnutzung beider Kontaktteile. Die Entgleisungsgefahr konnte durch verbesserte Formgebung und Lagerung des Schleifschuhes weitgehend herabgesetzt werden. Indessen haftet diesem wie dem Rollenstromabnehmer der Uebelstand an, dass er bei Fahrrichtungswechsel umgestellt werden muss, ansonst Entgleisungen und Beschädigungen der Leitung und des Abnehmers erfolgen. Dieser letztern Gefahr kann zwar durch eine geeignete, selbsttätig wirkende Abzugsvorrichtung, wie sie bei Trolleybussen üblich ist, ziemlich wirksam begegnet werden.

Dem Bestreben, die dem Rollen- und Löffelstromabnehmer anhaftende Entgleisungsgefahr zu vermeiden, verdankt der *Bügelstromabnehmer* seine Entstehung und Verbreitung. Er ist mit einem damit festverbundenen Aluminiumschleifstück mit einer oder mehreren Schmiernuten versehen. Um eine gleichmässige Abnutzung des Schleifstückes zu erreichen, muss bei Verwendung des Bügels der Fahrdraht zickzackförmig verlegt und in Kurven sorgfältig verspannt werden.

Als Hauptübelstände dieses Stromabnehmertyps sind zu erwähnen:

Die Notwendigkeit der Umstellung bei Fahrrichtungswechsel, die im allgemeinen aber nur möglich ist, wo die Fahrdrähhöhe ein durch die Länge und die Bauart des Bügels gegebenes Mass nicht unterschreitet. Wird die Umstellung aus irgendwelchen Gründen unterlassen, besteht Gefahr von Bügel- und Leitungsbeschädigungen.

Bei ungünstigen Windverhältnissen wird der Bügel von der Leitung abgetrieben. Dadurch entstehen Kontaktunregelmässigkeiten und sogar -unterbrüche mit ihren übeln Folgen. Um diesem Uebelstande abzuhelpfen, muss mit starkem Anpressungsdruck des

Bügels an den Draht gearbeitet werden, was starke Draht- und Schleifstückabnutzung und erhöhte Schlag-Biegebeanspruchung des Drahtes bewirkt.

Infolge der Wälzbewegung des Schleifstückes am Draht bei der Auf- und Abwärtsbewegung des Bügels ist die Schleiffläche des Kontaktstückes immer abgerundet, die Kontaktfläche daher klein und die Stromdichte hoch. Dadurch wird die Bildung von Funken und von abgerissenen und abgeschmolzenen Aluminiumteilchen begünstigt. Diese bleiben am Draht haften, wodurch seine Kontaktfläche rauh wird. Zu dieser Rauhung gesellt sich eine mehr oder weniger ausgeprägte Riffelung. Beides begünstigt Funkenbildung und damit Radiostörungen. Theoretisch könnten diese Erscheinungen durch Verwendung drehbar gelagerter, grossflächiger Aluminiumschleifstücke bekämpft werden. Praktisch stösst eine solche Lösung auf so grosse Schwierigkeiten, dass darauf verzichtet werden muss.

Die Ausrüstung des Bügels mit Schleifstücken aus Kohle an Stelle von Aluminium würde zwar vom Radiostörstandpunkt aus betrachtet eine Verbesserung bedeuten. Sie kann aber höchstens bei Bahnen mit geringer Fahrgeschwindigkeit, gut geeigneter Fahrleitung und Fahrbahn und Fahrzeugen mit stabilem Gang in Erwägung gezogen werden. Durch die verhältnismässig schweren Kohlenschleifstücke am äussern Ende des Bügels wird nämlich dessen ohnehin grosses polares Trägheits- oder Schwungmoment so gesteigert, dass Neigung zum Abklappen des Bügels bei Stossen an der Fahrleitung oder Fahrzeugschwankungen und damit zu Kontaktunregelmässigkeiten und -unterbrechungen entsteht. Deshalb ist diese Massnahme vom fahrtechnischen Standpunkt aus betrachtet in den meisten Fällen als Verschlechterung anzusehen.

Der gleiche Uebelstand besteht übrigens mehr oder weniger bei allen Stromabnehmern vom Typ des einarmigen Hebels.

Dem *Pantographen-* oder *Scherenstromabnehmer*, wie er von den Konstruktionsfirmen in guter Anpassung an die Leitsätze der V. R. St. ausgebildet worden ist, haften die erwähnten Uebelstände nicht oder nur in

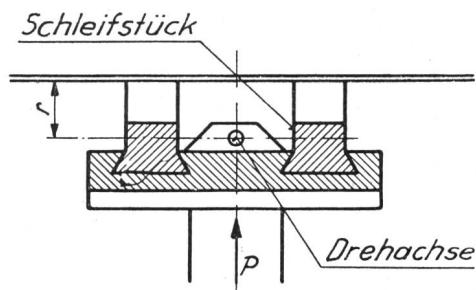


Abb. 4.

viel geringerem Grade an. Mit Stromabnehmern dieser Art kann ohne Gefahr von Beschädigungen ohne weiteres in jeder Richtung gefahren werden, ihre Wirkung wird auch bei grossen Fahrgeschwindigkeiten durch Luftströmungen nicht beeinträchtigt, die (Kohlen)-Schleifstücke sind auf einer verhältnismässig leichten, auch in vertikaler Richtung leicht beweglichen Wippe mit hochliegender Drehachse und begrenztem Wippenspiel gut befestigt, so dass sie bei minimalem Anpressungsdruck breitflächig am Fahrdräht anliegend allen kleineren Unebenheiten des letztern nur durch das Wippenfenderspiel folgen können, während der schwerere Scherenunterteil nur bei

grösseren Höhenunterschieden des Fahrdrähtes in Aktion treten muss.

Da die Wippendrehachse wegen der in der Querrichtung gewölbten Form des Schleifteils und mit Rücksicht auf genügende Abnutzungsmöglichkeit der Schleifstücke etwas unterhalb der Schleiffläche liegen muss, entsteht bei genügend starker Reibung zwischen dieser und dem Draht ein Kippmoment an der Wippe ($P \cdot \mu \cdot r$ nach Abb. 4), die sich infolgedessen schief stellen kann. Die Schleifstücke liegen dann nicht mehr plan am Draht an, sie heben sich im hinteren Teil davon ab, was zu Funkenbildung und unregelmässiger Schleifstückabnutzung Anlass gibt. Die freibewegliche Wippe gerät dabei in rasch oszillierende Schwingungen. Dieser Fall kann z. B. bei Verwendung von verhältnismässig schmalen Aluminiumschleifstücken eintreten, deren Reibungswiderstand am rauen, geriffelten Draht beträchtlich ist. Mit Schleifstücken aus Kohle auf glatt poliertem Draht dagegen treten diese Uebelstände nicht auf. In seiner jetzigen, der V. R. St. angepassten Bauart ist der Pantograph recht eigentlich für die Verwendung mit Kohleschleifstücken gebaut und hervorragend geeignet. Der Nachteil seines verhältnismässig hohen Preises erscheint durch die erwähnten fahrtechnischen und übrigen Vorteile reichlich aufgewogen.

L'emploi frauduleux des automates, notamment celui des automates téléphoniques à prépaiement, considéré au point de vue de l'ancien droit et du nouveau Code pénal suisse.*)

Par Hans Rychner, licencié en droit, Secrétaire au Service du Contentieux de la Direction générale des PTT.

351.818

La controverse sur la question de savoir si l'emploi frauduleux des automates doit être considéré comme une fraude proprement dite tire à sa fin. A l'occasion des travaux préliminaires d'élaboration du Code pénal suisse entré en vigueur le 1^{er} janvier 1942, on a reconnu la nécessité de prévoir des dispositions spéciales pour les cas de ce genre ou d'autres, tel celui du „passager clandestin“, de l'accès frauduleux à une représentation, à une exposition ou à toute autre manifestation similaire (voir le protocole de la 2^e commission d'experts, 7^e vol., p. 17, 325 et suivantes). Ainsi, les cas de fraude qui étaient douteux ont été réunis et forment maintenant l'objet d'un article particulier (art. 151), intitulé „Obtention frauduleuse d'une prestation“ et dont la teneur est la suivante:

„Celui qui, sans bourse délier, aura frauduleusement obtenu une prestation qu'il savait ne devoir être fournie que contre paiement, notamment le parcours sur un chemin de fer ou un bateau ou dans une voiture postale,

l'accès à une représentation, à une exposition ou à une entreprise analogue,

le fonctionnement d'un appareil automatique, sera, sur plainte, puni de l'emprisonnement, des arrêts ou de l'amende.

La tentative et la complicité sont punissables.“

Une plainte du lésé est donc nécessaire. D'autre

part, il est prescrit formellement que la complicité et la tentative sont punissables.

Cette disposition particulière est caractérisée par le fait qu'elle est séparée des notions d'escroquerie et de vol, si l'on admet qu'il y a vol lors de l'emploi frauduleux des automates (délivrant des timbres, des cigarettes, du chocolat, etc.). Dorénavant, le juge n'aura plus à faire des constructions ou des administrations de preuves insolites (voir Weinschal, Erschleichung von Leistungen, diss. zurichoise 1916).

I. Caractéristiques du nouveau délit.

Trois catégories d'actes se trouvent touchées par les nouvelles dispositions: *les voyages clandestins*, *les accès frauduleux à une entreprise* et *l'emploi frauduleux d'automates*.

a) Les faits constituant un voyage clandestin ou un accès frauduleux à une entreprise sont très variés. Ce sont avant tout les chemins de fer et *d'autres entreprises publiques de transport* que les nouvelles prescriptions protègent contre l'usager malhonnête. Le cas du „passager clandestin“ donna précisément lieu à la création du nouveau délit (voir à ce sujet: Hafter, Lehrbuch des schweiz. Strafrechts, p. 283 et suivantes, et l'article intéressant de Herold: Die Erschleichung einer Eisenbahnfahrt, dans la Revue suisse de jurisprudence, vol. 28, p. 33 et suivantes). Les nouvelles prescriptions ont été étendues, pour de bonnes raisons, à d'autres cas similaires, tels que *les représentations*, *les expositions* et *les autres manifes-*

*) Cet article a paru en allemand dans la „Revue judiciaire suisse“ № 2/1941.