

DAS PROBESILVERFAHREN ZUR SCHNELLPROJEKTIERUNG VON SEILTRANSPORTANLAGEN

von Prof. Dr. Ing. E. Pestal, Wien

*nach einem Vortrag anlässlich der Internationalen
forstlichen Seilbahntagung in Sofia.*

Als ich im Jahr 1948 das erste Mal von Herrn Jakob Wyssen, Erfinder des nach ihm benannten Seilkranssystems in die Schweiz eingeladen wurde, erlebte ich gleich bei den ersten Projektierungen eine große Überraschung. Ausgehend von der Valtellina - Schule hatten J. Wyssen und seine Monteure die Montage derart beschleunigt, daß ich mit meinen Rechnungen nicht nur regelmäßig zu spät kam, sondern überdies allwöchentlich mindestens einmal bewiesen bekam, daß meine Arbeit gar nicht nötig wäre; die Trassen wurden ohne Berechnung montiert und liefen in der Regel recht gut.

Est ist zu verstehen, welchen inneren Zusammenbruch diese Erkenntnis in einem jungen Ingenieur auslösen mußte, der wenige Jahre vorher die Hochschule mit dem stolzen Bewußtsein verlassen hatte, die beste Ausbildung der Welt in die Praxis mitbekommen zu haben. Aber die Depression dauerte nicht lange, denn in dem anfangs so geschlossenen scheinenden System der theorielosen Seilbahnpraxis zeigten sich Lücken und ich darf hier vor allem dem inzwischen verewigten Bruder des Erfinders des Seilkranswesens, Herrn Fritz Wyssen danken, der mir vorbehaltlos alle Montagedetails erzählte.

Daraufhin versuchte ich, das Problem von zwei Seiten anzugehen : einmal waren die vorhandenen Profilierungsverfahren und die Berechnungstheorie für Seilanlagen der Land-, Forst- und Bauwirtschaft viel zu schwerfällig und die theoretisch erreichbare Genauigkeit stand in keinem Verhältnis zu der durch Schwankung der Angaben (Seilgewicht, Stützenreibung, E - modul) bewirkten Unsicherheit. Die Unterschiede zwischen Kettenlinie und Ersatzparabel traten laut Versuch erst von 1 km Spannweite aufwärts in Erscheinung und auch dort waren die

Unterschiede durch Seildehnung und Schmierzustand des Seiles größer als die Differenzen zwischen den beiden Formeln. Profilsaufnahme und Berechnungsmethoden vertrugen also eine bemerkenswerte Vereinfachung und ich nahm mir vor, hiebei so weit zu gehen, als es die sichere Erreichung des wirtschaftlichen Zieles der betroffenen Seilanlage eben noch gestattete. Diese Verfahren und Formeln wurden in meinem Buch «Seilbahnen und Seilkrane für Holz- und Materialtransport» niedergelegt. Da sie mit früher benützten Näherungsmethoden gewisse Ähnlichkeit haben, wurden sie insbesondere von Absolventen technischer Hochschulen für *Faustformeln* gehalten, sind es aber nicht. Bei den Durchgangsformeln z.B. wurde der Cosinus des Neigungswinkels nicht gestrichen, sondern durch Einführung von S (= wirklicher Spannung) anstelle von H (= Horizontalkomponente) und L (= Sehnenlänge) anstatt 1 (= Horizontallänge) gekürzt und es ergaben sich sehr einfache, von der Trassenneigung unabhängige Durchgangsformeln relativ hoher Genauigkeit. Diese haben ihre Eignung inzwischen auf einer grossen Zahl transportabler, halbmobiler und stationärer Seilbahnen bewiesen.

Der zweite Weg zur Herstellung einer brauchbaren Trasse war dem Ingenieur zunächst fremd. Die Monteure steckten die Trasse ab und schlägerten die Trassenschneise frei. Hiebei ließen sie an vorspringenden Punkten Bäume stehen und bauten sie in gefühlsmäßig angenommener Höhe zu Stützen aus. Das Tragseil wurde eingelegt, gespannt und die Probefahrten zeigten die Brauchbarkeit der Trasse. Obwohl häufig Stützen nachträglich erhöht, zusätzlich eingebaut oder entfernt werden mußten, war dies noch immer rascher als die Profilsvermessung mit üblichem geodätischem Rüstzeug und anschließender Berechnung. Allerdings zeigten sich nicht alle Trassenformen für diese Bauweise gleich gut geeignet; insbesondere bei großen Spannweiten über schwach konkaven Gelände (ähnlich «Talkurve» nach Findeis) gab es Überspannungen und Tragseilbrüche. Der Grundgedanke, anstelle einer Profilsvermessung und Berechnung die natürliche Trasse als Probemodell zu benutzen, war gut, nur mußte man anstelle des Tragseiles ein dünneres Seil als Probeseil benutzen, denn die nachträgliche Erhöhung oder Verschiebung von wirklichen Tragseilstützen erforderte großen Zeitaufwand und vielfach sogar Entspannen des Tragseiles.

In einer früheren Nummer der «Allgemeinen Berg- und Seilbahn-Rundschau» wurde der Vorschlag gemacht, zur Umgehung der komplizierten Berechnung der Durchhänge und Spannungsänderung beidseitig fix verankerter Tragseile eine Modellseilbahn in verkleinertem Maßstab zu errichten. Dieser Versuch mußte - falls er überhaupt praktisch

durchgeführt wurde - zu einem Mißerfolg führen, denn die Leerseildurchhänge folgen einer quadratischen Funktion der Spannweite, der Längenbedarf eines *Spannfeldes* bei Wagendurchfahrt steigt sogar in der dritten Potenz und da versagt jeder Verkleinerungsmaßstab. Es gibt nur einen Maßstab, der bezüglich Leerseildurchhang und Spannungsveränderung richtige Werte ergibt: den Maßstab $1 : 1$, also die Modellseilbahn in der natürlichen Trasse.

Das Probeseilverfahren wird in der praktischen Verwendung so in die Montage eingebaut, daß es keinen allzugroßen Zeitverlust ergibt. Heute beginnt fast jede Seilbahnmontage damit, daß eine Schlittenwinde im Selbstaufzug zur Bergstation fährt und dort verankert wird. Anschließend wird ein auf der Bergfahrt mitgeführtes dünnes Montage-seil (z.B. $42 \times 0,7$, $6,5 \text{ mm } \varnothing$) von oben her in die Trasse eingezogen. Mit diesem Seil wird anschließend ein stärkeres (z.B. das übliche Seilkranzugseil $42 \times 1,0$; $9,5 \text{ mm } \varnothing$) hochgezogen. Zuletzt zieht das Zugseil das Tragseil (z.B. $42 \times 2,6$; $25 \text{ mm } \varnothing$) hoch. Montage-seil und Zugseil eignen sich gut als Probeseile für die Modellseilbahn, beide können mit der Winde gespannt werden. Am raschesten und einfachsten ist die Arbeit mit dem Montage-seil; das stärkere Zugseil gibt genauere Resultate, verursacht jedoch einen höheren Zeitaufwand.

Bei der Anwendung des Probeseilverfahrens wird wie folgt vorgegangen: Nach Absteckung und Freischlägerung der Trasse werden die Bäume, aus welchen man Stützen errichten will, durch Einschlagen von U-Klammern besteigbar gemacht und in beabsichtigter bzw. größtmöglicher Tragseilhöhe Röllchen von ca. 10 cm Rillengrunddurchmesser verhängt. Wenn nun das Montage-seil von der Winde zu Tal gezogen wird, legt man es in diese Röllchen ein. Dies ist keine Mehrarbeit, denn zur Erleichterung des anschließenden Zugseilziehens soll das Montage-seil ohnehin an allen Stützenplätzen über Rollen laufen. Selbstverständlich muß die Rollenlichte so groß sein, daß die Verbindung Montage-seil/Zugseil anstandslos durchlaufen kann (z.B. Abb. 425 des Buches «Pestal, Seilbahnen und Seilkrane»). Ist das Montage-seil in die Talstation gekommen, wird es verankert und dann von der Winde in der Bergstation auf das gleiche Vielfache seines Laufmetergewichtes gespannt wie später das Tragseil. Nun werden die Rollen an den Stützen z.B. durch Einstecken einer 16 mm Mutterschraube gesperrt, um für die Modellseilbahn auf den Stützen eine ähnliche Gleitreibung zu erreichen, wie später bei den Tragseilschuhen. (Unterläßt man das Sperren der Rollen, ist der Spannungsausgleich der Modellseilbahn besser wie bei der wirklichen Seilbahn; hiedurch zeigt die Modellseil-

bahn etwas höhere Stützen als wirklich benötigt werden und bleibt damit auf der «sicheren Seite»).

Nun setzt man in der Bergstation die Probelast aufs Probeseil und läßt sie - durch Hanfseile von Hand aus gebremst - die Trasse herunterlaufen. Abgesehen von den Bremsseilen hängt an der Probelast eine mittels Holzstück o.ä. beschwerte Wäscheleine, die genau so lang ist wie der gewünschte Mindestabstand zwischen Lasttragseil und Lastunterkante. An der wirklichen Seilbahn wird die Last gleich hoch oder tief durchlaufen wie am Probeseil und man erhält hiedurch genaue Hinweise für die erforderlichen Stützenhöhen.

Für die praktische Anwendung ergeben sich einige spezielle Hinweise. Als Probelast wird man nicht einen einzigen, mit Steinen beschwerten Korb verwenden, sondern 2 oder 3 Rucksäcke. Die Probelast muß ja bei jeder Stütze aufs nächst untere Spannungsfeld umgehoben werden und das ist mit Rucksäcken à 30 kg leichter als mit einem Einzelgewicht. In steilen Trassen ist es schwierig, die Last von Hand zu bremsen; die Hanfseile sollen daher lange genug sein, daß man sie nach Bergsteigerart um Bäume oder *Legföhren* herum zurückbremsen kann, wobei jeweils ein Seil zum Bremsen dient und das andere leer mitläuft. Recht praktisch ist, es anstelle einer Probelast die Bedienungsleute selbst einzusetzen, deren Gewicht genau festgestellt werden muß. In diesem Fall wird nur eine Rolle von unten hinaufgezogen; an allen Stellen, wo man Bodenberührung der Last vermutet, ziehen die mitgehenden Leute das Probeseil herunter. Damit sie nicht am Seil «abfahren» wird die Rolle in steilen Trassen an einem zweiten Hanfseil nach trassenoben verankert und erst nach Unterziehen einer Wurzel o.ä. zu Boden gezogen.

Das Probeseil gibt automatisch alle Werte bekannt, die durch die genaue Trassenberechnung erreicht werden. Die Leerseilprüfung ist gleich beim Anspannen des Probeseiles gegeben. Sollte an einer Stütze ein negativer Leerseilknickwinkel auftreten «steht die Rolle Kopf» und wird daher so weit höher geschoben, bis ein ausreichender positiver Leerseildruck erzielt ist. Die Lastdurchhangsprüfung ergibt sich bei der Durchfahrt mit der Probelast oder durch das geschilderte Herunterziehen des Probeseiles. Die Stützendrücke werden mit Federdynamometer gemessen, indem die Stützenrollen mit Hanfseilflaschenzug oder *Lugall-Ratschenwinde* angehoben wurden. Der Leerseildruck ergibt sich am unbelasteten Probeseil, der Lastseildruck wird gemessen, wenn die Probelast unmittelbar oberhalb der Stütze steht. Die Spannungsveränderungen im Probeseil werden mittels Dynamometer oder

Schwingungsverfahren gemessen. Beim Schwingungsverfahren gelten die gleichen Werte wie später beim Tragseil, weil bei Anspannung aufs gleiche Vielfache des Laufmetergewichtes alle Seile gleiche Zeiten für Hin- und Rücklauf der Meßschwingung ergeben.

Zur Längenmessung der einzelnen Spannweiten wird entweder am Probeseil eine Hektometrierung (z.B. gelber Lack) aufgebracht, die durch beispielsweise rote 20 m Marken ergänzt werden oder an der Verteilerrolle der Winde wird ein Tourenzähler angebracht (vergl. Abb. 149 und 166). Tourenzähler an der Winde selbst sind für die Längenmessung ungenau, Verteilerrollen ohne Ausspringschutz (wie Abb. 148) gestatten die Anbringung eines Tourenzählers nicht. Wenn die Gesamtlänge der Trasse aber z.B. aus einer Karte bekannt ist, kann bei transportablen Anlagen auf eine genaue Längenermittlung verzichtet werden.

Die erforderlichen Berechnungen beschränken sich darauf, bei der Modellseilbahn für Spannung und Last das gleiche Vielfache des Laufmetergewichtes einzuhalten wie später für die wirkliche Seilbahn. Hierbei erhält man die besten Resultate, wenn Tragseil und Probeseil - wie im Seilkranwesen üblich - die gleiche Bauart aufweisen.

Beispiel 1.

Tragseil 25 mm Ø, 42 x 2,6; 40,1 mp rechn. Bruchlast, $q = 2,11$ kg/lfm; Montageseil 6,5 mm Ø, 42 x 0,7; 2,92 mp rechn. Bruchlast, $q = 0,15$ kg/lfm.

Damit ist das Laufmetergewicht des Tragseiles gleich dem 14,07-fachen Laufmetergewicht des Montageseiles. Die höchste Tragseilspannung soll $1/3$ der rechn. Bruchlast nicht übersteigen und beträgt somit $40,1 : 3 = 13.370$ kp. Dies ist gesichert, wenn die Maximalspannung des Probeseiles in der Bergstation bei ungünstigster Laststellung $13.370 : 14,07 = 950$ kg nicht übersteigt. Die Grundspannung soll (beispielsweise nach Tab. 22) auf Grund der Trassenform ungefähr zwei Drittel der Maximalspannung betragen, das sind $13.370 \times 0,67 = 8950$ kp. Im Hinblick auf die Möglichkeit, anschließend die Probeseilspannung zu *variieren*, ist eine genaue Vorausberechnung unnötig. Die Grundspannung des Probeseiles wird mit $8.950 : 14,07 = 636$ kg eingesetzt. Wenn die Nutzlast 1000 kg und das Laufwerksgewicht 150 kg beträgt, ist die Gesamtlast bei vernachlässigter Zugseilaufkraft 1150 kg und die Probelast ist $1150 : 14,07 = 82$ kg. Sollte

sich nun im Probeseil anstelle einer Höchstspannung von 950 kp eine solche von 970 kp ergeben, ist die Grundspannung des Probeseiles um 20 kp und die des Tragseiles um $20 \cdot 14,07 = 280$ kp zu verringern; die Tragseilgrundspannung darf nur 8.670 kp betragen. Wird mit der Federwaage ein Lastseildruck von 245 kp gemessen, würde das wirkliche Tragseil einen Lastseildruck von $245 \times 14,07 = 3450$ kp erreichen.

Die Messung der Knickwinkel erfolgt hiebei mit einem aus 2 Dachlatten von 2 m Länge gebildeten Winkelmeßgerät. Leer- und Lastseilknickwinkel können vom Probeseil unmittelbar für die wirkliche Seilbahn übernommen werden.

Als Probeseil kann auch das Zugseil dienen. Dies wird vor allem bei überhängenden Ästen günstig sein, gegen die das dünne Montage-seil nicht aufkommt. Allerdings erhöhen sich dadurch die Spannungen sowie der Arbeits- und Zeitaufwand für die Messungen. Die genaueren Meßergebnisse werden mit einem höheren Aufwand erkauft, der bei transportablen Seilanlagen nicht unbedingt zweckmäßig ist.

Beispiel 2.

Tragseil wie vorhin.

Zugseil 9,5 mm \varnothing , 42 x 1,0; 5,95 mp rechn. Bruchlast, $q = 0,31$ kg/lfm.

Das Laufmetergewicht des Zugseiles ist gleich dem 6,81-fachen Laufmetergewicht des Tragseiles. Die höchstzulässige Probeseilspannung darf $13.370 : 6,81 = 1960$ kg betragen, die provisorische Grundspannung $8950 : 6,81 = 1310$ kg und die Probelast $1150 : 6,81 = 169$ kg. Alle Meßwerte des Probeseiles sind dann entsprechend mit 6,81 zu vervielfachen.

Wenn das Zugseil als Probeseil verwendet wird, kann man die Probelast statt mit Hanfseilen auch mittels Winde und Montageseil zu Tal bremsen.

Probeseil als Hilfsseilbahn.

Bei Anwendung des Probeseilverfahrens bietet sich die Möglichkeit, das Probeseil zum Antransport der Bauteile für Zwischenstützen und Bergstation zu benutzen. Hiebei verwendet man zweckmäßig das Zugseil als Probeseil und das Montageseil als provisorisches Zugseil. Wie aus Beispiel 2) zu ersehen ist, können auf dem üblichen Seilkran-

zugseil von 9,5 mm \varnothing Lasten von über 150 kg befördert werden, was zur Montage von Fertigteilstützen durchaus genügt. Zwar verursacht das Umheben der Ladungen bei den Probeseilrollen (= Stützenplätzen) Aufenthalte, die aber dem mühsamen Hochtragen der Teile noch immer bei weitem vorgezogen werden.

Probeseil in Höhe der Lastunterkante.

Das Anbringen der Probeseilrollen in der beabsichtigten Tragseilhöhe erfordert das Vorhandensein von Stützenbäumen, die bis in die oberen Äste hinauf erstiegen und hiebei gestummelt werden müssen. Das Probeseilverfahren vereinfacht sich, wenn die Probeseilrollen nicht in der geplanten Tragseilhöhe, sondern in der Höhe der Lastunterkante angebracht werden. Bei einem Seilkran mit 6 m Holzlänge läuft die Lastunterkante etwa 8 m unter dem Tragseilschuh durch; Die Probeseilrolle wird also ebenfalls 8 m unterhalb verhängt. Damit stellt das Probeseil bereits die in der Höhe der Lastunterkante geführte Parallele zur Lastwegkurve dar und gewinnt hiedurch noch an Wert. In Trassen ausserhalb des Waldes ist diese Art der Anwendung des Probeseilverfahrens Meist die einzig mögliche, denn man müsste sonst Stangen in voller Stützhöhe aufstellen. Die Höhe der Lastunterkante wird dagegen in der Regel durch ein Dreibein aus kurzen Stangen oder einem mit Draht abgespannten Stempel leicht erreicht.

Bei Verhängung der Probeseilrollen in Höhe der Lastunterkante ergeben sich für die Randfelder der Trasse etwas zu kleine Knickwinkel und Stützendrücke. Wenn die hievon betroffenen Stützen niedrig und statisch ohnehin nicht ausgelastet sind, kann man die Differenz vernachlässigen. Zur genauen Bestimmung müssen die Messungen durch eine kleine Rechnung ergänzt werden.

Beispiel 3.

Das erste Feld des Wyssen - Seilkrans lt. Beispiel 1) ist ca. 200 m lang, die Stütze 1 (zwischen Feld I und II) soll 12 m hoch gebaut werden. Bei einer Holzlänge von 6 m wird die Probeseilrolle 8 m tiefer verhängt, also 4 m über dem Boden. Der Höhenunterschied von 8 m bewirkt auf 200 m Distanz folgende Erhöhung des Knickwinkels in Neugrad :

1 g auf 100 m entspricht 1,57 m Höhenunterschied

1 g auf 200 m entspricht 3,14 m Höhenunterschied

Die wirklichen Knickwinkel von Stütze 1 werden daher um 2,5 g grösser als die Meßwerte. Wurden am Probeseil beispielsweise 7,5 g Leerseilknickwinkel und 17,4 g Lastseilknickwinkel gemessen, ergeben sich in Wirklichkeit $7,5 + 2,5 = 10$ g Leerseilknickwinkel und $17,4 + 2,5 = 19,9$ g Lastseilknickwinkel. Daher erhöhen sich die mittels Dynamometer gemessenen Stützendrücke des Probeseiles wie folgt :

Leerseildruck Probeseil, gemessen 59 kp; $59 \times 10 : 7,5 = 79$ kp

Lastseildruck Probeseil, gemessen 136 kp; $136 \times 19,9 : 17,4 = 156$ kp

Dementsprechend werden die Leer- und Lastseildrucke des wirklichen Tragseiles $79 \times 14,07 = 1110$ kp bzw. $156 \times 14,07 = 2200$ kp betragen.

Spiraltragseil.

Wird als Tragseil ein Spiralseil angeordnet, sollte zur genauen Messung ein Probeseil mit gleichem E-Modul, also eine 19- oder 37 drähtige Litze verwendet werden. Nachdem diese aber sonst nicht verwendet werden kann und zusätzliche Kosten verursacht, begnügt man sich auch in diesem Falle meist mit dem vorhandenen Montageseil oder Zugseil. Weil hierbei das Probeseil einen niedrigeren E-Modul aufweist als das Tragseil, zeigt das Probeseil etwas höhere Stützen an als wirklich gebraucht werden. Die vom Probeseil angezeigte Spannungszunahme ist ein wenig zu niedrig, was durch eine kleine Erhöhung des Sicherheitsfaktors (z.B. 3,1 statt 3,0 in Beispiel 1) ausgeglichen werden kann.

Bewertung des Probeseilverfahrens.

Das Probeseilverfahren hat den Hauptvorteil, daß es über die Spannungs- und Durchhangsverhältnisse genauer Aufschluß gibt als die Berechnung. Mit dem Bau der Seilbahn kann ohne Zeitverlust begonnen werden. Dies ist hauptsächlich bei Fertigteilsteilbahnen und forstlichen Seilkränen erwünscht. Bei schwierigen Seilbahnen, die eine detaillierte Materialvorbereitung und Arbeitsplanung erfordern, ist das Probeseilverfahren nicht so günstig - außer es wird bei bereits vorhandenem Längsprofil benützt, um die Berechnung zu ersetzen.

Ein Nachteil liegt darin, daß die Trasse entweder übersichtlich oder bereits freigeschlägert sein muß. Im letzteren Fall kann man sie

also nicht mehr verschieben. Weiter könnten beim Trassenhieb Bäume gefällt werden, die man als Stützen gebraucht hätte. Im dichten Wald, besonders im Laubwald können bei Verwendung des Montageseiles als Probeseil die Äste hindern, weshalb man besser das Zugseil verwendet.

Weiter ist festzustellen, daß mit einiger Übung die Profilaufnahme mit Freihandinstrumenten (Gefällsmesser und 30 m Stahlmeßband) so rasch läuft, ebenso die direkte Auftragung der Trasse im Maßstab 1 : 1000, daß man bei Verwendung der vorhandenen Dimensionierungstabellen u.U. nicht viel länger braucht als mit dem Probeseilverfahren. Wenn die Genauigkeit der rechnerischen Ermittlung der Fixspannungseffekte gegenüber dem Probeseilverfahren etwas geringer ist, spielt dies bei transportablen und halbmobilen Anlagen keine Rolle.

Zuletzt zieht der Ingenieur die genaue Projektierung und Berechnung, die dann durch die Bauausführung ihre Bestätigung erfährt, der Probeseilmessung vor. Das Probeseilverfahren ist auf die Dauer etwas eintönig. Wenn es hier dennoch vorgelegt wird, so deshalb weil es für viele Zwecke das billigste, rascheste und sicherste Verfahren ist und auch dort verwendet werden kann, wo kein im Seilbahnbau ausgebildeter Ingenieur zur Verfügung steht, z.B. in Baubetrieben und bei militärischer Verwendung.



Abb. 1. Mit Anfängern wird das Probeseilverfahren am besten von unten nach oben angewandt, weil dabei weniger Gefahr ist, daß, Helfer mit der Probeseilrolle «abfährt». (Aufn. : P.)

Şekil 1. Deneme halatı metodu acemi işçilerle çalışma halinde en iyi şekilde aşağıdan yukarıya doğru uygulanır. Zira deneme halatı makarasını bir işçi yukarı doğru çekerek ilerlediği için tehlike ihtimali daha azdır. (Foto : Pestal)

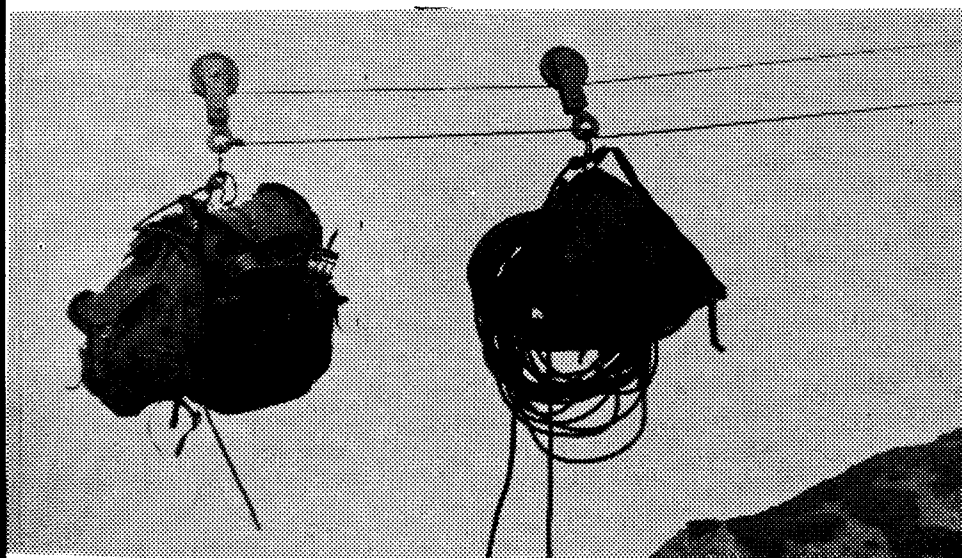


Abb. 2. Das Probeseil ist nebenbei ein billiges Transportmittel für Stützenbaumaterial. Besonders im Felsgelände wird hievon Gebrauch gemacht; anstelle von Steinen wiegt man die Rucksäcke mit Werkzeug ein. (Aufn. : P.)

Şekil 2. Deneme halatı, mesnedlerin yapılacağı malzeme için ucuz bir taşıma aracıdır ve bu özellikle kayalık arazide faydalı olur. Burada arka çantaları taş yerine el aletleri ile de doldurulabilir. (Foto : Pestal)



Abb. 3. Das Zugseil gibt als Probeseil genauere Ergebnisse, verursacht jedoch grösseren Zeitaufwand für die Messungen. Zum Niederziehen verwendet man Hanfseilflaschenzug oder Ratschenzug-Handwinde. Zur Messung tritt das 500 kg-Dynamometer an die Stelle von Federwaagen (Aufn. : P.) .

Şekil 3. Deneme halatı olarak cer halatının kullanılması kesin sonuçlar verir, ancak ölçmelerde daha fazla zaman harcanmasını gerektirir. Bu tel halatı aşağı doğru çekmek için kenevir halatlı planga veya elle çalışan kaldırma vincinden faydalanılır. Ölçme işleri için yaylı terazi yerine 500 kg. lık dinamometreden faydalanılır (Foto: Pestal).

Abb. 4. Zur Erreichung genauer Werte der Spannungsveränderung im Seil muß das Probeseil wie später das Tragseil auf den Stützenrollen gleiten. Hierzu werden die Stützenrollen noch Anspannen des Probeseiles durch Einstecken von 16 mm Mutterschrauben «gesperrt» (Aufn. : P.)

Şekil 4. Tel halatta gerilim değişikliklerinin kati değerlerini elde edebilmek için deneme halatı aynen esas taşıyıcı tel halattaki gibi mesned makarası üzerinde serbestçe kaymalıdır. Bu maksatla deneme halatının gerilmesinden sonra mesned makarası 16 mm. lik bir somunlu vida yardımıyle tesbit edilmelidir. (Foto : Pestal)



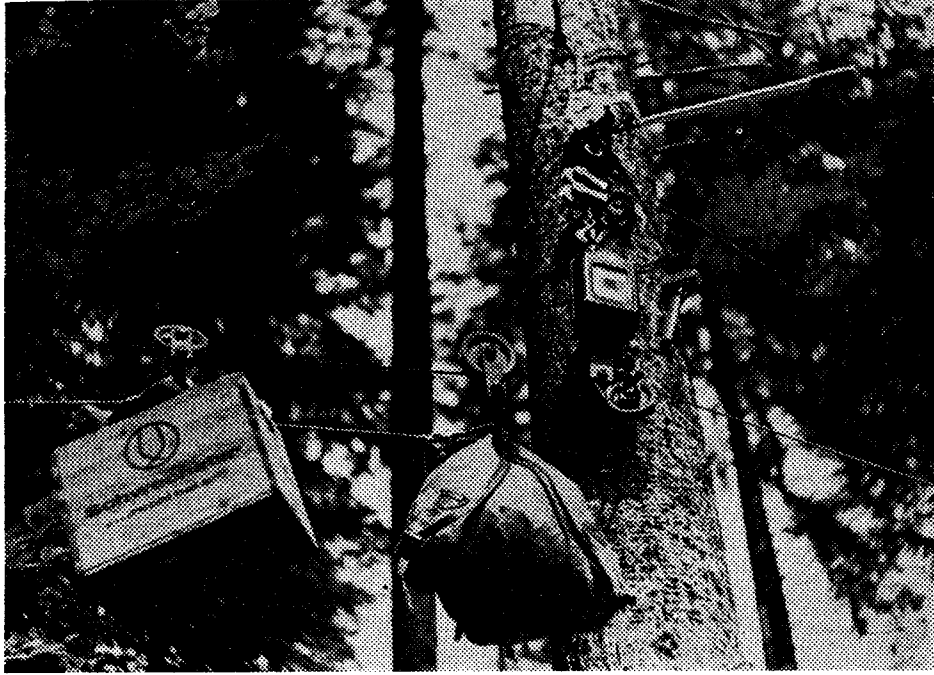


Abb. 5. Zur Ermittlung der Stützdrücke wird die Probeseilrolle mittels Flaschenzug auf das Dynamometer umgehängt. Bei Messung des Lastseildruckes hängen die 2 Rucksäcke unmittelbar oberhalb der Stütze. (Aufn. : P.)

Şekil 5. Mesned basınçlarının tesbit edilmesi için deneme halatı bir palanga yardımıyla dinamometreye asılır. Yüklü taşıyıcı tel halat basıncı mesnedin yukarısındaki açıklığın ortasına 2 sırt çantası asılmak suretiyle tesbit edilir. (Foto : Pestal)

HAVA HATTI TESİSLERİNİN SÜRATLE PROJELENDİRİLMESİNDE KULLANILAN DENEME HALATI METODU¹⁾

Yazan : Prof. Dr. Ing. E. Pestal, Viyana

Bu makale Sofya'da toplanan Milletlerarası havai hat kongresinde verilen bir konferans esas alınarak hazırlanmıştır.

Kendi ismi ile anılan vinçli hava hatlarının ilk geliştiricisi Jakob Wyssen tarafından 1948 yılında İsviçre'ye davet edildiğim zaman bu tesislerin projelendirilmeleri ile ilgili olarak büyük bir sürprizle karşılaştım. J. Wyssen ve montörleri Valtellina okulundan başlayan montaj ameliyesini öyle süratle başardılar ki ben sadece klâsik hesaplarla işin çok uzadığını değil aynı zamanda bütün bunların artık lüzumlu olmadığını da anladım. Burada herhangi bir hesap yapılmaksızın hava hattı monte edilmiş ve genel olarak iyi bir sonuç da alınmıştı.

Daha birkaç yıl önce Üniversiteyi gururla bitiren ve dünyanın en iyi öğrenimini yaparak bunu tatbikata intikal ettirdiğini zanneden genç bir mühendis tatbikatta hava hatlarının montajının projesiz olarak yapıldığını görünce nasıl bir hayal sukutuna uğramış olduğunu izaha lüzum yoktur. Ancak bu bedbinlik uzun sürmedi çünkü, başlangıçta o kadar yaygın görünen teorisyiz hava hattı pratiğine ait bu çalışma şeklinde bazı boşluklar ortaya çıktı. Bu vesile ile ebediyete intikal etmiş olan ve bana bütün montaj detaylarını gizlemeksizin açıklamış bulunan havai hat geliştiricisinin kardeşi Fritz Wyssen'e teşekkür etmek isterim.

Bütün bu müşahedelerimden sonra problemi iki yönden etüd etmeyi denedim : Bir taraftan uygulanan profil alma metodları ile tarım, ormancılık ve inşaatta kullanılan hava hattı tesisleri için hesap teorisi çok güçtür ve teorik olarak ulaşılabilecek sıhhat derecesi ile ve-

1) Bu makaleyi, Viyana Hochschule für Bodenkultur öğretim üyelerinden olan yazar İ. Ü. Orman Fakültesi Dergisinde yayınlanmak üzere hazırlamış ve Doç. Dr. Refik Baş ve Doç. Dr. Dr. Selçuk Bayoğlu Türkçeye çevirmiştir.

rilerin (tel halat ağırlığı, mesnedlerdeki sürtünme, E modülü) değişgenliğinin ortaya çıkaracağı belirsizlik arasında bir münasebet mevcut değildir. Keza denemelere göre hakiki kablo eğrisi ile kabul edilen parabol arasındaki farklar ancak 1 km den fazla açıklıklarda ortaya çıkmaktadır. Bu mesafeden sonra da tel halatın uzaması ve yağlama durumundan dolayı meydana gelen fark, yukarıdaki iki tertip şekli arasındaki farktan daha büyüktür. Şu halde profil alma ve hesap metodları dikkate şayan bir sadeleştirme imkânı arz etmektedir. Bu sebeple bahis konusu hava hattı tesislerinin imkân verdiği ölçüde projelendirilmede ekonomik hedefe ulaşmayı kararlaştırdım. Bu metodlar ve formüller «Seilbahnen und Seilkrane für Holz - und Material Transport» isimli kitabımda yer almıştır. Bunlar, eskiden kullanılan tahmine dayanan metodlar ile belirli bir benzerlikleri olduğu için özellikle Teknik Okul mezunları tarafından Faust formülleri (Ana formüller) olarak kabul edilmiş olmakla beraber gerçekte durum öyle değildir. Meselâ sehim formüllerinde eğim açısının kosinüsü nazarı itibare alınmamıştır. Bilâkis H (horizontal komponentler) yerine S (gerçek gerilme) ve l (yatay uzunluk) yerine L (kiriş uzunluğu) konarak bu formül kısaltılmıştır. Böylelikle güzergâh eğimine bağlı olmayan, nisbeten yüksek sıhhatte sonuç veren çok basit sehim formülleri ortaya çıkmıştır. Bu formüllerin portabl, yarı portabl ve sabit hava hatları için büyük ölçüde kullanma imkânı olduğu tesbit edilmiştir.

Diğer taraftan hava hatlarında kullanışlı bir güzergâhın tesbiti konusu bir mühendis için ilk nazarda yabancı idi. Eskiden montörler güzergâhı aplike ederler ve bu hat boyuna isabet eden ağaçları keserek güzergâhı açarlardı. Bu arada çıkıntı teşkil eden noktadaki ağaçları kesmeden bırakır ve bunlardan uygun olanlardan yeter yükseklikte mesned inşasında faydalanırlardı. Taşıyıcı tel halat yerde boylu boyunca çekilir, mesnedlere kaldırılarak gerilir ve ancak yapılan deneme çalışması güzergâhın uygun olup olmadığını gösterirdi. Hernekadar bu çalışma şeklinde bazı mesnedlerin yükseltilmesi, yeniden inşa edilmesi veya kaldırılmaları zarureti ortaya çıkmakta idiyse de bu iş klasik arazi ölçme aletleri ve buna bağlı hesaplar yardımıyla gerçekleştirilen profil çıkarmadan daima daha süratli idi. Ancak bütün güzergâh formları bu inşa tarzı için aynı uygunluğu göstermemekte bilhassa konkav arazideki (Findeis'e göre «vadi kurları» na benzer) büyük açıklıklarda zaman zaman yüksek gerilmeler ve dolayısıyla taşıyıcı tel halat kopmaları vukubulmakta idi. Bütün bu gerçekler karşısında bir profil ölçmesinin ve hesabının yerine deneme modeli olarak esas güzergâhtan faydalanmanın daha pratik bir çözüm getireceği fikri ortaya çıkıyordu. Ancak burada taşıyıcı tel halat yerine deneme halatı olarak daha

ince bir tel halat kullanmak gerekiyordu. Çünkü gerçek taşıyıcı tel halat, mesned yüksekliklerinin sonradan arttırılması veya bunların kaldırılması için fazla zaman sarfını gerektirdiği gibi çok kerre bu halatta gevşemelere de sebep oluyordu.

«Allgemeinen Berg-und Seilbahn Rundschau» adlı derginin bir süre önce neşredilmiş bir nüshasında sehimlerin komplike olan hesabının sadeleştirilmesi ve iki uçtan ankraj yapılmış taşıyıcı tel halatlardaki gerilmelerin değişimine ait küçük ölçekli model bir hava hattının inşası hususunda teklifler yapılmıştı. Bu denemenin — yapılmış olsa bile — başarısızlıkla sonuçlanması gerekir. Zira boş tel halat sehimleri açıklığın karesi ile, yüklü tel halat sehimleri ise küpü ile orantılı bulunmaktadır. Bu nedenle her türlü küçültme ölçeği başarısızlıkla neticelenir. Sadece bir ölçeğin boş tel halat sehimi ile gerilme değişimleri hakkında doğru netice vermesi mümkündür ve bu ölçek te 1:1 dir. Bu ise gerçek güzergâh boyunca düşünülecek model hava hattını temsil eder.

Deneme halatı metodu pratikte montaj için büyük ölçüde bir zaman kaybına sebep olmayacak şekilde uygulanır. Bugün hemen bütün hava hattı montajları bir kızak üzerine oturtulmuş olan motor - makaranın (tambur) kendisini bizzat dağ istasyonuna tırmanıp çıkarması ve orada tesbit edilmesi ile başlar. Bundan sonra vincin yukarı çıkışında birlikte götürülen ince bir montaj tel halatı (meselâ 42 X 0,7, Ø 6,5 mm) güzergâh boyunca yukarıdan aşağı doğru çekilir. Bundan sonra adı geçen bu tel halat yardımıyla daha kalın bir tel halat (meselâ vinçli hava hatlarında çoğunlukla kullanılan boyuttaki cer halatı, 42 X 1,0; Ø 9,5 mm) yukarı çekilir. Son olarak da bu tel halat taşıyıcı tel halatı (meselâ 42 X 2,6; Ø 25 mm) yukarı çeker. Gerek montaj halatı ve gerekse vinçli hava hattının cer halatı model hava hattında deneme halatı olarak kullanılmaya elverişlidir ve bunların her ikisi de vincin kendi motörü ile gerilebilir. En süratli ve en basit çalışma montaj halatı ile sağlanır. Daha kalın olan vinçli hava hattı cer halatı en emin sonucu vermekle beraber daha yüksek bir çalışma zamanını gerektirmektedir.

Deneme halatı metodunun uygulanmasında aşağıdaki yol takibedilir : Güzergâhın aplikasyonu ve buradaki ağaçların kesilerek uzaklaştırılıp açılmasından sonra bu güzergâhta mesned olarak kullanılmak istenen ağaçlara U şeklindeki demir klamolardan basamaklar çakılmak suretiyle üzerlerine çıkılabilir duruma getirilir ve tasarlanan yani mümkün olan en büyük taşıyıcı tel halat yüksekliğine çapları takriben 10 cm. olan makaralar asılır. Montaj halatı dağ istasyonunda sa-

rılı bulunduğu tamburdan vadi istasyonuna doğru bu makaralar üzerinden geçirilerek çekilir. Bu husus fazladan bir çalışma yapılacağı anlamına gelmemelidir, zira kendisine ekli bulunan cer halatının yukarı doğru çekimini kolaylaştırmak için istisnasız her mesned noktasında montaj halatının bu makaralar üzerine kaldırılması gerekmektedir. Şüphesiz bu makaralar üzerindeki yivlerin montaj halatı ile tel halatın birbirine eklendiği kısmın takılmadan kolaylıkla geçmesini sağlayacak büyüklükte olması icabeder (meselâ, Pestal'in Seilbahnen und Seilkrane adlı kitabının 425 numaralı şekli). Montaj halatının ucu vadi istasyonuna gelince bu uç orada tesbit edilir ve bundan sonra dağ istasyonundaki tambur yardımıyla, esas taşıyıcı tel halatın sahip olacağı gerilim ve çapı arasındaki bağıntı burada da sağlanacak şekilde gerilir. Model hava hattında mesnedlerdeki bu makaralar meselâ 16 mm çapında vidalı somunlarla tesbit edilir ve böylece bilâhare kurulacak asıl hava hattı taşıyıcı tel halatının kablo yastığı üzerinde meydana getireceği sürtünme durumu aynen elde edilmiş olur (makaraların bu şekilde tesbiti yapılmadığı takdirde model hava hattında gerilimin dengelenmesi gerçek hava hattından daha iyi bir şekilde sağlanabilir; bu suretle de model hava hattı hakikatte olması gerekenden biraz daha yüksek mesnedlere ihtiyaç gösterir. Bu da çalışmanın emniyetini arttırır).

Dağ istasyonunda deneme yükü deneme halatı üzerine oturtulur ve bir ucu elle tutulan bir kenevir halat vasıtasıyla frenlenerek güzergâh boyunca aşağı doğru hareketi sağlanır. Deneme yüküne bu fren halatından başka ve alt tarafına gelmek üzere ucuna bağlanan bir odun parçası ile ağırlaştırılmış bir ip de tesbit edilmektedir. Bu ipin uzunluğu gerçek taşıyıcı tel halat ile yükün alt kenarı arasında bulunması istenen asgari mesafeye eşittir. Burada yükün deneme halatındaki seyir yüksekliği gerçek hava hattındaki ile aynıdır. Böylelikle de gerekli olan mesned yükseklikleri konusunda tam bir fikir elde edilmiş olur.

Burada pratik uygulamalar ile ilgili bazı özel bilgiler verilecektir : Deneme yükü olarak sadece taş doldurularak ağırlaştırılmış tek bir sepet yerine bu maksatla 2 veya 3 adet arka çantası kullanılır. Deneme yükünün her mesnedde bir alttaki açıklığa aktarılması gerekmekte olup bu iş, beheri 30 kg olan arka çantaları ile toplam olarak aynı ağırlıktaki tek bir yüke nazaran daha kolaylıkla yapılabilir. Meyli yüksek olan güzergâhlarda yükün el ile frenlenmesi oldukça güçtür, bu sebeple buralarda kenevir halatın yeteri kadar uzun olması gerekir. Böylece kenevir halat dağa tırmananların kullandığı gibi ağaçların etrafından

dolaştırılıp geriye doğru çevrilebilecek şekilde frenleme yapılabilir. Bu durumda da iki kenevir halat bahis konusu olup bunlardan bir tanesi frenlemeyi sağlarken diğeri yüksüz olarak birlikte seyreder. Bir deneme yükü yerine ağırlıkları peşinen tesbit edilmiş olması gereken işçilerin ikame edilmesi çok pratiktir. Bu durumda sadece güzergâh boyunca bir makara işçi tarafından aşağıdan yukarı doğru çekilir. Yükün zemine temas etmesi muhtemel olan her noktada birlikte yürüyen işçiler deneme halatını aşağıdan çekerler. Bu şekilde işçilerin deneme halatı boyunca hareket etmemeleri için güzergâh meylinin dik olduğu yerlerde makaraya ikinci bir kenevir halat bağlanır ve bu güzergâhın yukarısında mevcut bir kütükten dolaştırılarak makara zemine doğru çekilir.

Deneme halatı, kesin güzergâh hesabı yardımıyla elde edilebilecek bütün değerleri otomatik olarak açıklamaktadır. Boş halat denemesi, deneme halatının gerilmesi ile elde edilen sonuca tekabül etmektedir. Bir mesnedde negatif bir boş halat kırılma açısı meydana gelmesi halinde makara yukarıda kalır ve bu yüzden yeter derecede bir pozitif boş halat basıncına ulaşıncaya kadar yükseltilir. Yüklü sehim testi deneme yükünün açıklık boyunca seyri sırasında yahutta deneme halatı, yukarıda tavsif edildiği üzere, aşağı doğru çekilerek yapılır. Mesned basınçları yaylı bir dinamometre yardımı ile ölçülür. Burada mesned makaraları kenevir halatlı palanga veya Lugall kaldırma vinci yardımıyla yukarıya kaldırılır. Boş halat mesned basıncı boş deneme halatı basıncı yardımıyla elde edilir. Yüklü halat mesned basıncı deneme yükü yukarıdaki açıklığın orta noktasında bulunduğu zaman ölçülür. Deneme halatındaki gerilme değişimleri bir dinamometre veya titreşim metodu ile ölçülür. Taşıyıcı tel halat için geçerli olan titreşim değerleri deneme halatı için de aynen geçerlidir. Çünkü metre tul ağırlıkları ile aynı oranda gerilen bütün tel halatlarda ölçülen titreşimin gidiş - dönüş zamanı birbirinin aynıdır.

Herbir açıklığın uzunluk ölçmeleri için ya deneme halatında meselâ kırmızı renkli 20 metrelik işaretlerle tamamlanmış hektometre takimatı (meselâ sarı yağlı boya ile) yapılır, yahutta vinç motörünün istikamet makarası ile irtibatlı olarak bir devir sayıcı eklenir (Şekil 149 ve 166 ile mukayese ediniz). Bizzat vinç tamburuna bağlı bulunan bir devir sayıcı mesafe ölçme işleri için yeterli değildir. Tel halatın dışarıya sıçramasına karşı muhafazası olmiyan bir istikamet makarasına bağlı olarak devir sayıcı yerleştirilmesine de müsaade edilmez (Şekil 148 de olduğu gibi). Fakat güzergâhın toplam uzunluğu meselâ bir harita üzerinden ölçülerek bilinmekte ise bu takdirde portatif tesislerde kati bir uzunluk tesbitinden vazgeçilebilir.

Model hava hatlarında yapılması gerekli hesaplar aynen gerçek hava hatlarında olduğu gibi gerilme ve yükün tel halat birim tul ağırlıkları ile orantılı olma yönünden sınırlandırılmıştır.

Taşıyıcı tel halat ve deneme halatının konstrüksiyonları aynı olduğu takdirde — vinçli hava hatlarında umumiyetle olduğu üzere — bu yolla en iyi sonuçlar alınır.

Örnek 1.

Taşıyıcı tel halat \varnothing 25 mm., 42 X 2,6; 40.1 ton kopma mukavemeti, $q = 2.11$ kg/m.; Montaj tel halatı \varnothing 6.5 mm, 42 X 0,7; 2.92 ton kopma mukavemeti, $q = 0.15$ kg/m.

Burada taşıyıcı tel halatın metretul ağırlığı montaj halatının metretul ağırlığının 14.07 katına eşittir. En yüksek taşıyıcı tel halat gerilmesi kopma gerilmesinin $1/3$ ünü aşmayacağına göre bu değer $40.1 \times 1/3 = 13.370$ kg. olur. Bu durum deneme halatında, dağ istasyonu tesbit noktasında ve en elverişsiz yükleme şartlarında $13.370 : 14.07 = 950$ kg. lık bir gerilme aşılmadığı zaman sağlanmış olacaktır. Normal gerilme güzergâhın durumuna bağlı olarak maksimal gerilmenin $2/3$ ü olarak alınmalıdır (örnek olarak tablo 22 ye göre) ve bu da $13.370 \times 0.67 = 8950$ kg. dır. Deneme halatı gerilmesinin değişme imkânından dolayı bu konuda kesin bir ön hesap yapmaya ihtiyaç yoktur. Böylece deneme halatı için esas alınacak normal gerilme $8950 : 14.07 = 636$ kg. olarak tesbit edilir. Taşınacak tomruk yükü 1000 kg ve vagonun kendi ağırlığı 150 kg kabul edilirse, cer halatı yükü ihmal edildiği takdirde, toplam taşınacak ağırlık 1150 kg ve deneme yükü de $1150 : 14.07 = 82$ kg olarak bulunmuş olur.

Bu durumda deneme halatında 950 kg. lık azami gerilme yerine 970 kg. lık bir gerilme meydana gelirse deneme halatı normal gerilmesini 20 kg. taşıma halatı normal gerilmesini ise $20 \times 14.07 = 280$ kg. azaltmak gerekir. Taşıyıcı tel halata ait normal gerilme ancak 8670 kg olabilir. Diğer taraftan bir yaylı terazi yardımıyla deneme halatında 245 kg lık bir yüklü tel halat basıncı ölçülürse bu değer gerçek taşıyıcı tel halatta $245 \times 14.07 = 3450$ kg olacak demektir.

Buradaki kırılma açısının ölçülmesi 2 m. uzunluğundaki 2 adet latadan meydana gelen açı ölçme aleti yardımıyla gerçekleştirilir. Ger-

çek havâ hattı için boş ve yüklü halat kırılma açıları olarak doğrudan doğruya deneme halatına ait değerler aynen alınır.

Deneme halatı olarak vinçli hava hattının kendi cer halatı da kullanılabilir. Bu herşeyden önce ağaçların dallı olması halinde uygun olur. Zira ince olan montaj halatı bu durumda yukarı kaldırılamaz. Şüphesiz bu durumda gerilmeler yükselir ve dolayısıyla gerekli ölçmeler için iş ve zaman sarfiyatı artar. Görüldüğü gibi kati ölçme sonuçları ancak büyük zaman harcamaları ile elde edilebilmektedir ve bu da portatif hava hattı tesisleri için hiçbir şekilde maksada uygun değildir.

Örnek 2.

Taşıyıcı tel halat örnek 1 deki ile aynıdır. Cer halatı \varnothing 9.5 mm, 42 X 1.0; kopma gerilmesi 5.95 ton, $q = 0.31$ kg/m.

Cer halatı metretul ağırlığı, taşıyıcı halatının 6.81 katına eşittir. Şu halde deneme halatı için tecviz edilebilecek en yüksek gerilim $13.370 : 6.81 = 1960$ kg normal gerilme ise $8.950 : 6.81 = 1.310$ kg dır. Dolayısıyla deneme halatı için bulunacak bütün değerler 6.81 ile çarpılarak esas taşıyıcı tel halata ait değerler elde edilecektir.

Vinçli hava hattı cer halatının deneme halatı olarak kullanılması halinde deneme yükünün aşağı doğru hareketinin frenlenmesi, kenevir halat yerine vinçten de faydalanarak, montaj halatı yardımıyla sağlanabilir.

Deneme halatından yardımcı hava hattı olarak faydalanma

Deneme halatı metodunun uygulanması ara mesnedler ve dağ istasyonunun tesisi için gerekli yapı aksamının taşınmasında bu hattın faydalanma imkânını vermektedir. Burada cer halatı deneme halatı olarak ve montaj halatı da muvakkat cer halatı olarak maksada uygun bir şekilde kullanılır. Örnek 2 den görüldüğü gibi 9,5 mm çapındaki mutad vinçli hava hattı cer halatı ile 150 kg in üzerinde bulunan yüklerin nakledilmesi mümkündür. Böyle bir hat parçaları halinde hazırlanmış mesnedlerin yerlerine nakli maksadı için de tam manasiyle yeterlidir. Şüphesiz mesnedlerdeki makaralarda (mesnedlenme noktaları) yüklerin kaldırılıp aktarılması taşımada duraklamalara sebebiyet vermektedir. Ancak bu duraklamalar mesned parçalarının zahmetli bir şekilde yukarı doğru taşınmasından daima daha avantajlıdır.

Yükün alt seviyesindeki deneme halatı

Tasarlanan taşıyıcı tel halat yüksekliğinde deneme halatı makaralarının tesbiti en yukarıdaki dallarına kadar çıkılabilen ve tepelerinin kesilmesi zorunlu olan mesned ağaçlarının mevcudiyetini şart koşar. Deneme halatı makaralarının tasarlanan taşıyıcı tel halat yüksekliği yerine yükün alt kenarı seviyesinde tesbit edilmesi halinde deneme halatı metodu daha basitleştirilmiş olur. 6 metre boyunda tomruk nakledilen bir vinçli hava hattında taşınan tomruğun alt ucu, taşıyıcı tel halat yastığından 8 metre kadar aşağıda bulunmaktadır. Dolayısıyla deneme halatı makarası da taşıyıcı tel halat yastığının 8 m aşağısına tesbit edilmektedir. Böylece deneme halatı yükün alt ucu seviyesinde ve yüklü tel halat eğrisine paralel bir seyir takibeder ve bu suretle de bir kıymet kazanır. Orman dışında bulunan güzergâhlarda deneme halatı metodunun bu tarzdaki uygulaması çoğunlukla yegâne imkândır. Zira aksi halde mesnedlerin yüksekliğinde direklerin dikilmesi gerekir. Halbuki yükün alt kenar seviyesine, kaide olarak kısa direklerden yapılan bir üçayak veya tel ile gerilen bir tek direk yardımıyla kolaylıkla ulaşılır.

Deneme halatı makaralarının yükün alt kenarı seviyesinde tesbiti neticesinde hakiki yüksekliktekinе nazaran biraz daha küçük kırılma açısı ve mesned basıncı değerleri elde edilmektedir. Bahis konusu mesnedlerin alçak olması ve statik yönden kapasiteleri oranında yüklenmiş olmaları halinde bu fark ihmal edilebilir. Kesin bir tesbit yapmak için ölçmelerin küçük bazı hesaplarla tamamlanması gerekir.

Örnek 3.

Örnek 1 deki Wyssen vinçli hava hattında ilk açıklık takriben 200 m dir, ilk iki açıklık arasındaki 1 nolu mesnedin 12 m yüksekliğinde inşa edilmesi gerekmektedir. Şu halde 6 m boyunda tomrukların nakli halinde deneme halatı taşıyıcı tel halat kotundan 8 m aşağıda ve zeminden de 4 m yukarıda olacak şekilde asılacaktır. Burada 8 m lik yükseklik farkı 200 m mesafede kırılma açısının grad olarak aşağıda gösterilen miktarlarda yükselmesine sebep olacaktır.

100 m mesafede 1 grad, 1.57 m yükseklik farkına, 200 m mesafede 1 grad, 3.14 m yükseklik farkına tekabül etmektedir.

Buna göre 8 m lik yükseklik farkı maksimal olarak $8:3.14 = 2.5$ g anlamına gelir.

1 numaralı mesnedde meydana gelecek gerçek kırılma açısı bu 2.5 g nedeniyle ölçülen değerden daha büyüktür. Bir örnek olarak deneme halatında boş halat kırılma açısı 7.5 g ve yüklü kablo kırılma açısı da 17.4 g olarak ölçülürse gerçek kırılma açıları boş halat için $7.5 + 2.5 = 10$ g ve yüklü halat için de $17.4 + 2.5 = 19.9$ g olarak elde edilir. Dolayısıyla deneme halatına ait olan ve dinamometre ile ölçülen mesned basınçları da aşağıdaki şekilde yükseltilir :

Deneme halatında boş halat mesned basıncı 59 kg ölçüldüğüne göre buna ait gerçek mesned basıncı $59 \times 10 : 7.5 = 79$ kg.

Deneme halatında yüklü halat mesned basıncı 136 kg ölçüldüğüne göre buna ait mesned basıncı $136 \times 19.9 : 17.4 = 156$ kg bulunur.

Buna uygun olarak gerçek taşıyıcı tel halatın boş ve yüklü tel halat basınçları sırası ile,

$$79 \times 14.07 = 1100 \text{ kg}$$

$$\text{ve } 156 \times 14.07 = 2200 \text{ kg} \quad \text{olacaktır.}$$

Spiral konstrüksiyonlu taşıyıcı tel halat

Taşıyıcı tel halat olarak spiral konstrüksiyonlu bir tel halatın kullanılması halinde doğru bir sonuç elde edebilmek için deneme halatı olarak elâstikiyet modülü aynı ve 19 veya 37 telden oluşan kendir özlü bir tel halat kullanılmalıdır. Bu tel halatın bunun dışında başka maksatlar için kullanılması mümkün olamayacak ve ilâve masrafları gerektirecekse böyle durumlarda çoğunlukla mevcut olan cer halatı veya montaj halatından faydalanılır. Ancak bu da, deneme halatının elâstikiyet modülü daha küçük olduğu için, gerçekte gerekli olandan daha yüksek mesnedlere ihtiyaç gösterir. Deneme halatının gösterdiği gerilme artışı biraz fazlaca düşüktür. Ancak emniyet katsayısını küçük bir miktar yükseltmek suretiyle (meselâ örnek 1 de 3 yerine 3.1 koyarak) bunun düzeltilmesi mümkündür.

Deneme Halatı Metodunun Değerlendirilmesi

Deneme halatı metodunun en önemli faydası gerilme ve sehim münasebetleri hakkında hesaplamalarla aynı doğruluk derecesinde kesin sonuçlar vermesidir. Bu metodu uygulayarak herhangi bir zaman kaybına meydan vermeden hava hattının montajına geçilebilir. Şüphesiz

bu durum çeşitli parçaları peşinen hazırlanan hava hatları ile ormancılıkta kullanılan vinçli hava hatları için çok arzu edilen bir durumdur. Detaylı bir malzeme hazırlığı ve iş plânlamasını gerektiren hava hatlarında deneme halatı metodu fazla elverişli değildir. Bundan başka bu tesislerde hesaplamayı tamamlayabilme bakımından uzunluk profilinden yararlanılmaktadır.

Bu metodun bir mahzuru güzergâhın görülebilir şekilde açık olması veya önceden traşlama olarak kesilip açılması gerekliliğidir. Bu sonuncu durumda da traşlanıp açılmış bulunan güzergâhın tekrar eski şekline getirilmesi mümkün değildir. Sık ormanlarda ve özellikle yapraklı ağaç ormanlarında montaj halatının deneme halatı olarak kullanılması sırasında dallar engel teşkil edebilir. Bu gibi durumlarda deneme halatı olarak cer halatından faydalanmak daha uygun olur.

Bunlardan başka birkaç egzersizi müteakip basit el aletleri (meyilölçer ve 30 m lik çelik şerit) yardımıyla profil almanın, keza gerektiğinde mevcut dimenzion tablolarının kullanılması ile 1/1000 ölçekli profilin doğrudan doğruya çizimi işleminin deneme halatı metoduna nazaran daha fazla zamana ihtiyaç göstermeyeceği, bu çalışmanın aynı derecede süratli seyredeceği tesbit edilmiş bulunmaktadır. Hesapla bulunan sabit gerilme değerinin sıhhat derecesi, deneme halatı metodu ile bulunana nazaran biraz daha düşük olabilir. Ancak bu durumun transportabl ve yarı transportabl hava hattı tesislerinde bir rolü yoktur.

Son olarak belirtelim ki, mühendisler inşaat yapılıp doğru sonuç verdiğini gördükten sonra deneme halatı metodu ile sıhhatli projelendirme ve hesaplama yolunu tercih etmektedir. Deneme halatı metodu zamanla can sıkıcı bir durum arzeder. Buna rağmen deneme halatı metodunun birçok maksatlar için en ucuz, en süratli ve en emniyetli bir metod olduğunu, hava hattı inşasında yetişmiş mühendislerin mevcut bulunmadığı meselâ inşaat işletmelerinde ve askerlikte de kullanılabilceğini burada ifade etmek yerinde olur.