

TUB 4Z 2316

*WILHELM J. J. Weber, Dielectric properties of insulators and the effect of temperature
HILDEBRAND, Dielectric properties of the insulation of the electrical apparatus
KÖHLER, Die Bestimmung des Durchschlags an getriebenen Rollenpaaren
OSWALD A., Graphische Behandlung der chemischen Trägheit
ENGLISCH, Versuche und Untersuchungen über Erdbeben*

ZEITSCHRIFT

für

Architektur und Ingenieurwesen.

HERAUSGEBEN

von dem

Vorstande des Architekten- und Ingenieur-Vereins zu Hannover.

Schriftleiter: Geheimer Baurat, Professor W. Schleyer.

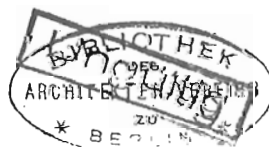
Jahrgang 1908.

(Band LIV; Band XIII der neuen Folge.)

Mit 6 Blatt Zeichnungen und vielen Textabbildungen.

WIESBADEN.

C. W. KREIDELS-VERLAG.



und dann weiter aus IIb) die Formel:

$$5) \quad p \tan \rho = - \left\{ \frac{1}{2} (\sigma_x - \sigma_y) \sin (2\varphi - \rho) - \tau \cos (2\varphi - \rho) \right\}.$$

Die mit den arabischen Ziffern 1 bis 5 bezeichneten Gleichungen gelten nur für Flächenelemente. größter Druckneigung und dürfen deshalb nicht mehr partiell differenziert werden, wohl aber ist bei ihnen eine Differentiation längs der Gleitfläche nach der Formel

$$\frac{dU}{ds} = \frac{\partial U}{\partial x} \cos \varphi + \frac{\partial U}{\partial y} \sin \varphi + \frac{\partial U}{\partial \varphi} \frac{d\varphi}{ds}$$

zulässig. Wenden wir dieselbe auf 4) an, so erhalten wir:

$$6) \quad \frac{dp}{ds} = \frac{1}{2} \frac{\partial (\sigma_x + \sigma_y)}{\partial x} \cos \rho \cos \varphi + \frac{1}{2} \frac{\partial (\sigma_x + \sigma_y)}{\partial y} \cos \rho \sin \varphi,$$

während die Anwendung auf 3) mit Berücksichtigung von 5) ergibt:

$$7) \quad 2p \tan \rho \frac{d\varphi}{ds} = - \left\{ \frac{1}{2} \frac{\partial (\sigma_x - \sigma_y)}{\partial x} \cos (2\varphi - \rho) + \frac{\partial \tau}{\partial x} \sin (2\varphi - \rho) \right\} \cos \varphi - \left\{ \frac{1}{2} \frac{\partial (\sigma_x - \sigma_y)}{\partial y} \cos (2\varphi - \rho) + \frac{\partial \tau}{\partial y} \sin (2\varphi - \rho) \right\} \sin \varphi.$$

Multiplizieren wir die Gl. 6) mit +1, Gl. 7) mit -1, Gl. 1) mit $\sin \varphi$ und Gl. 2) mit $-\cos \varphi$ und addieren dann, so erhalten wir nach kurzer trigonometrischer Zwischenrechnung:

$$\frac{dp}{ds} - 2p \tan \rho \frac{d\varphi}{ds} = \left(\frac{\partial \sigma_x}{\partial x} + \frac{\partial \tau}{\partial y} \right) \cos (\varphi - \rho) + \left(\frac{\partial \sigma_y}{\partial y} + \frac{\partial \tau}{\partial x} \right) \sin (\varphi - \rho),$$

und das gibt mit Benutzung von Ia) und Ib) folgende einfache Differentialgleichung für den Druck an der Gleitfläche:

$$8) \quad \frac{dp}{ds} - 2p \tan \rho \frac{d\varphi}{ds} = \gamma \sin (\varphi - \rho).$$

Die Tragweite dieser Gleichung liegt auf der Hand, ihre Unentbehrlichkeit bei der strengen Formulierung des Erddruckproblems werden diejenigen unumwunden anerkennen, welche sich die Mühe genommen haben, meine erste Veröffentlichung über diesen Gegenstand*) und meine Abhandlung über die Entwicklung der Lehre vom Erddruck**) zu lesen.

*) Ueber das Problem der Erddruckbestimmung. Verhandl. der physikal. Ges. zu Berlin, Jahrgang 7, pag. 1-8, Berlin (1888).

**) Jahresberichte der Deutschen Mathematiker-Vereinigung, II, pag. 75-158 (1893).

Graphische Behandlung der kontinuierlichen Träger mit elastisch senkbaren Stützen.

Von A. Ostefeld, Prof. a. d. Technischen Hochschule, Kopenhagen.

I. Einleitung.

Das in meiner frühern Abhandlung (Z. 1905, Heft 1) entwickelte Verfahren zur graphischen Behandlung durchgehender Träger führt für Träger mit festen oder mit elastisch drehbaren Stützen äußerst einfach zum Ziele, indem man rein graphisch, ohne irgendwelches Probieren, den Schlußlinienzug konstruieren kann. Diese Konstruktion, die für feste Stützpunkte zwar nicht neu, aber doch nie vorher derart allgemein entwickelt war, und die für die übrigen in der Abhandlung behandelten Stützungsarten zum ersten Male mitgeteilt wurde, scheint daher den Vorzug vor der sonst üblichen (mit Benutzung des elastischen Seilpolygons) zu verdienen. Für elastisch senkbare (und demgemäß auch für elastisch senk- und drehbare) Stützen läßt indessen das angegebene Verfahren zu wünschen übrig, indem als Hilfsmittel für die Konstruktion eine ziemlich umständliche Berechnung eingeschoben wurde. Hier soll jetzt gezeigt werden, wie man auch für letztgenannte Stützungsart zu einer rein graphischen Konstruktion gelangen kann. Daß dieselbe sich zwar nicht ebenso einfach wie für feste oder elastisch drehbare Stützen gestaltet, liegt in der Natur der Sache; während der Schlußlinienzug für diese Stützungsweisen bestimmt ist, so bald nur eine, z. B. die erste, Seite gegeben, ist es bei elastisch senkbaren Stützen erforderlich, drei aufeinander folgende Seiten oder doch die beiden ersten zu kennen, um die übrigen konstruieren zu können. — Außerdem soll gezeigt werden, wie man im Falle von sehr wenig nachgiebigen Stützen eine bedeutend einfachere Konstruktion verwenden kann. Zuerst wird es notwendig sein, die zugrunde liegenden Gleichungen und die in meiner frühern Abhandlung davon gegebene geometrische Deutung kurz zu reproduzieren. Wie in Abb. 1 ersichtlich, werden die Stützenmomente X_1, X_2, \dots als überzählig eingeführt, und die Gleichungen zu deren Berechnung lauten dann:

1) $\delta_r' + \delta_r'' = 0$ und die analogen, wo δ_r' und δ_r'' die Tangentenwinkel beim Stützpunkt r für die einfachen Balken $(r-1) - r$ und $r - (r+1)$

bedeuten, wenn diese Balken mit den gegebenen äußern Kräften P und außerdem mit den Momenten X belastet sind. Für diese Winkel hat man die Ausdrücke:

$$2) \quad \begin{cases} \delta_r' = \sum P_m \delta_{m,r} - X_{r-1} \delta_{r-1,r} - X_r \delta_{r,r} + \delta_{r,l} + \delta_{r,u} \\ \delta_r'' = \sum P_m \delta_{m,r} - X_r \delta_{r,r} - X_{r+1} \delta_{r+1,r} + \delta_{r,l} + \delta_{r,u} \end{cases}$$

wo alle die Größen δ auf der rechten Seite (siehe Abb. 1) Formänderungen im Hauptsystem bedeuten, und zwar: $\delta_{m,r}, \delta_{m,r}'$ die Durchbiegungen des einfachen Balkens links bzw. rechts des r ten Stützpunktes infolge von der Belastung $X_r = -1$,

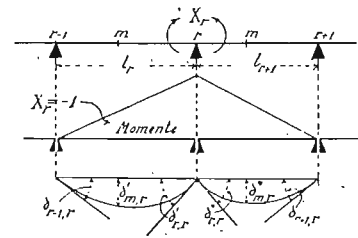


Abb. 1.

$\delta_{r-1,r}, \delta_{r,r}'$ die Winkeldrehungen des einfachen Balkens $(r-1) - r$ am $(r-1)$ ten bzw. r ten Stützpunkt für die Belastung $X_r = -1$,

$\delta_{r,r}'', \delta_{r+1,r}'$ die entsprechenden Winkeldrehungen des Balkens $r - (r+1)$ am r ten bzw. $(r+1)$ ten Stützpunkt, ebenso für die Belastung $X_r = -1$,

$\delta_{r,l}', \delta_{r,l}''$ die von einer Temperaturvariation und $\delta_{r,u}', \delta_{r,u}''$ die von einem eventuellen Nachgeben der Stützpunkte bewirkten Drehungen der Tangente in r , links bzw. rechts des Stützpunktes.

Die vom Nachgeben der Stützen bewirkten Drehungen $\delta_{r,u}'$ und $\delta_{r,u}''$ können weiter geschrieben werden:

$$3) \quad \delta_{r,u}' = \frac{\Delta_{r-1} - \Delta_r}{l_{r-1,r}}, \quad \delta_{r,u}'' = \frac{\Delta_{r+1} - \Delta_r}{l_{r,r+1}}$$

V. Unelastische Zwischenstütze.

Ist die p^{te} Stütze unelastisch, also $k_p = 0$, werden $n'_{p-1} = 0$, $m'_p = 0$, $n'_p = 0$ und $m'_{p+1} = 0$. Die Konstruktion wird in gewöhnlicher Weise bis zur $(p-2)^{\text{ten}}$ Stütze durchgeführt, und hier wird ja die Seite $\alpha_{p-1} \alpha_p$ bestimmt. Bei $(p-1)$ wird dagegen die Seite $\alpha_p \alpha_{p+1}$ gar nicht in der Richtungsfigur auftreten (wegen $n'_{p-1} = 0$), und demgemäß kann auch nicht die Richtung dieser Seite bestimmt werden.

Die Verhältnisse sind bei $(p-1)$ genau denjenigen ähnlich, die wir eben für eine unelastische Endstütze beim vorletzten Stützpunkt antrafen, und man kann daher auch die eben gezeigte Konstruktion benutzen, um das Versuchspolygon erster Ordnung auf der Strecke $0-p$ zu erhalten, obwohl man mit der Aufzeichnung des Versuchspolygons zweiter Ordnung nur bis zur p^{ten} Stütze gelangt ist; die hierbei gebrauchte gedachte Seite rechts

der p^{ten} Stütze ist natürlich nur als Hilfslinie aufzufassen. Danach wählt man wieder die Seite $\alpha_p \alpha_{p+1}$ des Versuchspolygons zweiter Ordnung willkürlich, bestimmt in der p^{ten} Richtungsfigur die Richtung von $\alpha_{p+1} \alpha_{p+2}$ und fährt bis zum rechten Ende in gewöhnlicher Weise fort.

Das Auftreten einer unelastischen Zwischenstütze hat also nur zur Folge, daß die Konstruktion sozusagen in zwei Teile zerfällt.

Schließlich sei noch darauf aufmerksam gemacht, daß die hier mitgeteilte Konstruktion mit der in meiner früheren Abhandlung prinzipiell entwickelten leichten Erweiterung auch für elastisch senk- und drehbare Stützen anwendbar ist, so daß auch für diesen Fall der Nachweis der praktischen Ausführbarkeit als erbracht betrachtet werden kann.

Versuche und Untersuchungen über Erddruck.

Im Frühjahr 1906 wurde von dem Verfasser ein kleines Laboratorium für Erddruckversuche eingerichtet, in welchem außer den Verhältnissen des durch Wände gestützten Erdreichs auch die des ungestützten, freien Erdreichs, die bis jetzt noch nicht dem Versuch unterzogen worden sind, näher untersucht werden sollen. Der Wiedergabe der bis jetzt erhaltenen Ergebnisse mögen zunächst einige allgemeine Bemerkungen und theoretische Betrachtungen vorausgeschickt werden, wobei im wesentlichen auf die in der Zeitschrift für Bauwesen 1880 veröffentlichte „Geometrische Erddrucktheorie“ Bezug genommen wird.

Ein Erdkörper stellt ein statisch unbestimmtes System dar, bei welchem unendlich viele Gleichgewichtszustände möglich sind. Der wirklich vorhandene Zustand ist von den vorausgegangenen Ereignissen abhängig und kann ohne deren genaue Kenntnis nicht bestimmt werden. Außer den vorausgegangenen Belastungs- und Bewegungsverhältnissen sind auch die Wärmeverhältnisse von Einfluß. Durch Stampfen, Ueberlastungen und Wärmeerhöhungen können künstliche Spannungen im Erdkörper erzeugt werden. Grenzzustände des Gleichgewichts entstehen, wenn in einzelnen Fugen der volle Reibungswiderstand der Erde in Anspruch genommen wird, d. h. wenn die einwirkenden Spannungen unter dem Reibungswinkel gegen die Senkrechte zu den betreffenden Flächenelementen geneigt sind. Bei Ueberschreitung dieses Winkels wird der Gleichgewichtszustand gestört; es treten Bewegungen ein, wobei sich eine entsprechende Erdmasse, der „Gleitkörper“, auf den betreffenden Flächen, den „Gleitflächen“ (Gleitfugen), verschiebt. In allen Teilen der Gleitflächen wirken die Elementardrücke unter dem Reibungswinkel gegen den Gleitkörper ein.

Die Theorie kann sich im wesentlichen nur mit den Grenzzuständen des Gleichgewichts befassen; sie beschäftigt sich hauptsächlich mit den zwei für die Anwendung wichtigsten Zuständen, nämlich denjenigen, bei welchen die Drücke in den Gleitfugen ihren kleinsten und ihren größten Wert erreichen. Sie muß dabei von vereinfachenden Annahmen ausgehen, insbesondere von einer vollständigen Gleichmäßigkeit der Erdmasse. Meist wird auch die Voraussetzung eines vollkommen kohäsionslosen Materials gemacht. Die obere Begrenzung des Erdreichs wird fast immer eben oder nach einer zylindrischen bzw. gebrochenen Fläche mit wagrechter Erzeugenden angenommen, wobei die Untersuchung auf die den Erzeugenden parallelen Fugen beschränkt wird. Man hat es dann mit einem ebenen Kräfteplan zu tun, dessen Ebene senkrecht auf den Erzeugenden steht.

Geometrische Erddrucktheorie.

Im folgenden soll zunächst kurz die in der angegebenen Quelle entwickelte geometrische Erddrucktheorie, mit einigen Ergänzungen, in ihren Grundzügen dargestellt werden; sie ist auf alle möglichen Fälle anwendbar und gestattet, sämtliche in einem Erdkörper möglichen Gleichgewichtszustände in einem einzigen Bilde zur Anschauung zu bringen.

Um den auf eine beliebige ebene Erdfuge OX wirkenden Druck zu bestimmen, wird der Erdkörper durch ein System unendlich schmaler, starrer, reibungsfähiger

Abb. 1.

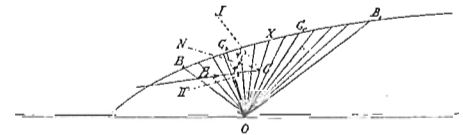
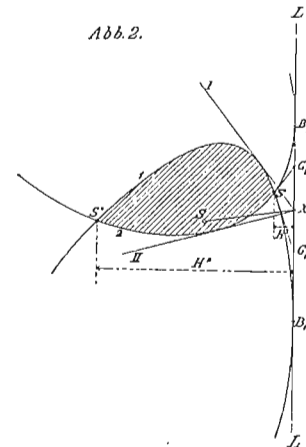


Abb. 2.



Keile ersetzt gedacht, deren gemeinsame Schneide mit dem untern Rande O der betreffenden Fuge zusammenfällt (Abb. 1). Das Keilsystem ist im Gleichgewicht, wenn für eine jede Fuge die einwirkende Kraft E (Fugenkraft) innerhalb des Reibungssektors $ICII$ liegt, d. h. wenn der Winkel von E mit der Fugensenkrechten N kleiner als der Reibungswinkel φ der Erde ist. Trägt man auf einer Lotrechten $L-L$ (Abb. 2) die Gewichte der einzelnen Keile einschließlich der etwa darauf ruhenden äußeren Belastungen auf und zieht für jede Fuge X die