

Genauigkeit graphischer Triangulation

Autor(en): **Kobelt, Karl**

Objektyp: **Article**

Zeitschrift: **Schweizerische Bauzeitung**

Band (Jahr): **71/72 (1918)**

Heft 16

PDF erstellt am: **12.07.2024**

Persistenter Link: <https://doi.org/10.5169/seals-34831>

Nutzungsbedingungen

Die ETH-Bibliothek ist Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften. Sie besitzt keine Urheberrechte an den Inhalten der Zeitschriften. Die Rechte liegen in der Regel bei den Herausgebern.

Die auf der Plattform e-periodica veröffentlichten Dokumente stehen für nicht-kommerzielle Zwecke in Lehre und Forschung sowie für die private Nutzung frei zur Verfügung. Einzelne Dateien oder Ausdrucke aus diesem Angebot können zusammen mit diesen Nutzungsbedingungen und den korrekten Herkunftsbezeichnungen weitergegeben werden.

Das Veröffentlichen von Bildern in Print- und Online-Publikationen ist nur mit vorheriger Genehmigung der Rechteinhaber erlaubt. Die systematische Speicherung von Teilen des elektronischen Angebots auf anderen Servern bedarf ebenfalls des schriftlichen Einverständnisses der Rechteinhaber.

Haftungsausschluss

Alle Angaben erfolgen ohne Gewähr für Vollständigkeit oder Richtigkeit. Es wird keine Haftung übernommen für Schäden durch die Verwendung von Informationen aus diesem Online-Angebot oder durch das Fehlen von Informationen. Dies gilt auch für Inhalte Dritter, die über dieses Angebot zugänglich sind.

INHALT: Genauigkeit graphischer Triangulation. — Die Erweiterung des Friedhofs St. Michael in Zug. — Zur Elektrifizierung der Schweizerischen Bundesbahnen. — Cintres en bois pour ponts en maçonnerie. — Miscellanea: Die Sicherheit geschweisster Wasserkammern an Röhrenkesseln. Ueber den Eisenbahnverkehr nach dem Kriege. Verein deutscher Ingenieure. Kanalprojekt Dieppe-Paris. Radiotelephonie-

System von Vanni. Die Kallager in Spanien. Das Stauben von Zementfussböden. Eidgenössische Technische Hochschule. Ecole centrale des Arts et Manufacture, Paris. — Literatur: Deutschlands zukünftige Kohlenwirtschaft. Literarische Neuigkeiten. — Vereinsnachrichten: G. e. P.: Mitglieder-Verzeichnis. Zürcher Ingenieur- und Architekten-Verein. G. e. P.: Stellenvermittlung.

Band 72. Nachdruck von Text oder Abbildungen ist nur mit Zustimmung der Redaktion und nur mit genauer Quellenangabe gestattet. Nr. 16.

Genauigkeit graphischer Triangulation.

Von Dr. Ing. Karl Kobelt, St. Gallen.

(Fortsetzung von Seite 143.)

III. Punktfehler-Kurvenpläne.

Es werden in Bezug auf ein bestimmtes Dreieck *ABC* die mittlern Punktfehler

$$M = \frac{a_1 \sqrt{a^2 + b^2 + c^2}}{b \cdot c \cdot \sin(\beta + \gamma)} \cdot m_1$$

aller möglichen Punkte in der gleichen Ebene ermittelt. Die Punkte werden beschrieben (kотиert) mit dem zugehörigen Wert $\left(\frac{M}{m_1}\right)$. Es empfiehlt sich, nicht sogleich die Werte *M* einzuführen, weil durch den praktisch ermittelten Wert *m*₁ unser Ergebnis den rein theoretischen Charakter verlieren würde. Die Quotienten $\left(\frac{M}{m_1}\right)$ sind Zahlenwerte innert den Grenzen 1,15 und ∞.

Werden nun Punkte gleicher Koten $\left(\frac{M}{m_1}\right)$ beziehungsweise Punkte gleicher Genauigkeit durch Linienzüge miteinander verbunden, so entstehen Niveaukurven, die wir im Folgenden mit *Punktfehler-* oder *Genauigkeitskurven* benennen. Aehnlich dem topographischen Kurvenplan kann auch der Punktfehlerkurvenplan plastisch als Punktfehler-Relief gedeutet werden.

Jeder Dreieckform entspricht ein besonderer Punktfehlerkurvenplan.

In den Abb. 6, 7, 8 und 9 sind für charakteristische Dreieckformen solche Kurven gesucht und aufgezeichnet worden:

- I. Gleichseitiges Dreieck (als einfachste Form).
- II. Rechtwinkliges Dreieck (unsymmetrisch).
- III. Stumpfwinkliges Dreieck (unsymmetrisch).
- IV. Drei Punkte *A, B, C*, auf einer Geraden (unsymmetrisch).

Kurvenpläne anderer Dreieckformen kann man sich zwischen zwei Kurvenpläne der aufgezeichneten Hauptdreiecktypen eingepasst denken. Denn eine stetige Aenderung der Dreieckform von einem Haupttyp zum andern hat eine stetige Aenderung des entsprechenden Kurvenplanes zur Folge.

Wir fassen zuerst den Fall I näher ins Auge, das *gleichseitige Dreieck* als einfachste Form.

Den geometrischen Ort aller Punkte mit dem mittleren Punktfehler ∞, d. h. mit einer Genauigkeit = 0, bilden zwei Kreise:

1. Der Kreis mit dem Radius ∞, Zentrum im Endlichen.
2. Der dem Dreieck umschriebene Kreis.

Die Ursache dieser zweiten Erscheinung erkennt man am besten bei Betrachtung der „direkten“ Auflösung des pothenotischen Problems.

Der gesuchte Punkt ergibt sich dabei bekanntlich als Schnittpunkt dreier Kreise. In unsern beiden Fällen fallen die drei Kreise mit den genannten kritischen Kreisen zusammen, können also keinen bestimmten Schnittpunkt bilden. Auf indirektem Wege lässt sich dennoch ein Punkt konstruieren, er hat aber eine Genauigkeit = 0.

1. Vom Unendlichen in Richtung auf den dem Dreieck umschriebenen Kreis zu nimmt der mittlere Punktfehler langsam ab. Die aufeinander folgenden Kurven sind konzentrische Kurven, die von der Kreisform nur wenig abweichen, mit stetig zunehmenden Zwischenräumen. (Ver-

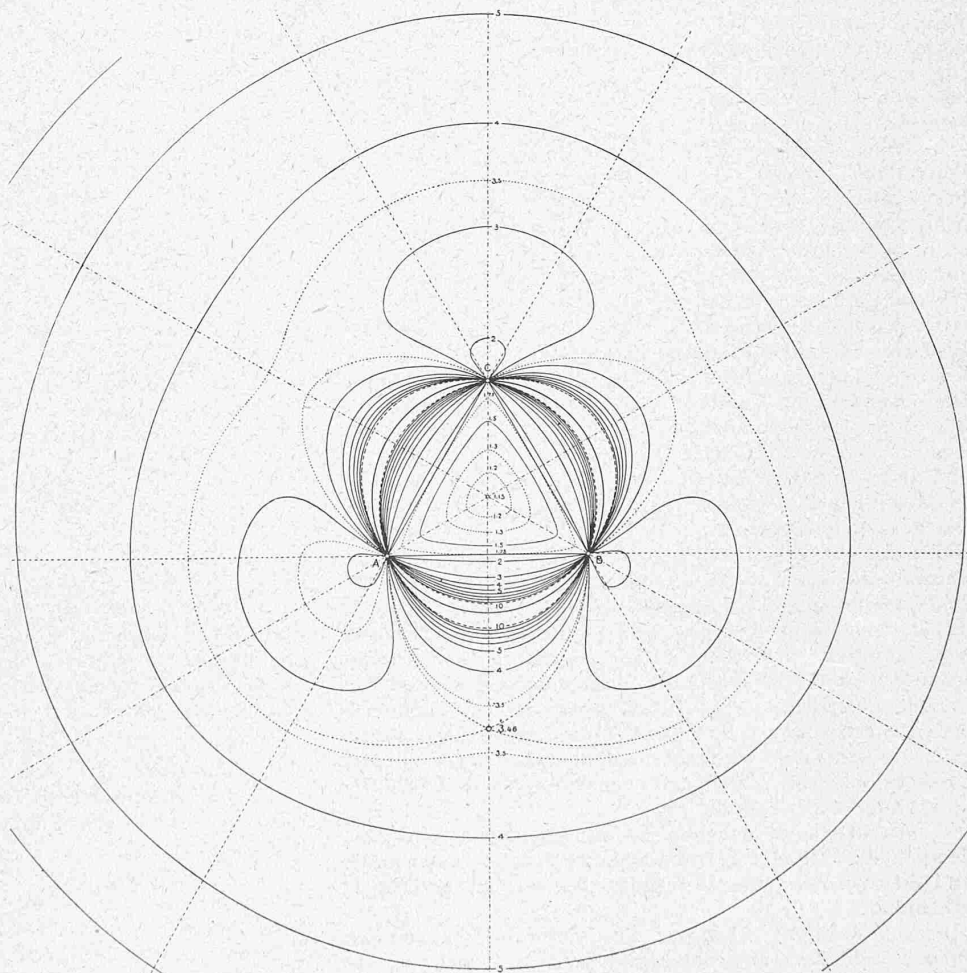


Abbildung 6.

gleiche besonders die Kurvenabschnitte auf den Geraden vom Zentrum nach den Dreiecks-Ecken, Abb. 6 bis 9).

2. Von dem, dem Dreieck umschriebenen Kreis aus nimmt der mittlere Punktfehler in beiden Richtungen viel rascher ab als im obigen Fall. Die Abnahme ist nach der Innenseite des Kreises wiederum intensiver als nach der Aussenseite, und gegen die Ecken des Dreiecks zu stärker

als über der Mitte der Dreieckseite. Immer aber ist die Abnahme wie unter 1. eine sich verlangsamende, sodass auch hier die Kurvenzwischenräume stetig zunehmen. Durch die Eckpunkte des Dreiecks gehen unendlich viele Kurven von allen möglichen Genauigkeitswerten hindurch, sodass dem Eckpunkt selbst ein bestimmter Wert für den mittlern Punktfehler nicht zukommt.

Verfolgen wir eine der Kurven dieser Art auf ihrem ganzen Lauf, z. B. Kurve 10, so sehen wir, dass die Kurvenstücke ausserhalb und innerhalb des Kreises zusammen eine in sich geschlossene, stetig gekrümmte Kurve bilden, die den Kreis sechsmal, je zweimal in jeder Ecke des Dreiecks, durchsetzt und abwechselungsweise die Innen- und Aussenseite des Kreises durchläuft. Die Kurve bildet eine dreifache Schleife. Sie überspannt die Dreieckseiten in Sichelbogen. Die äussere Sichelkurve hebt sich vom Kreis etwas weiter ab als die innere.

Mit dem abnehmenden Punktfehler nimmt die Breite der Sichel nach beiden Seiten zu. Die innere Sichelkurve nähert sich immer mehr der Dreieckseite, die äussere immer mehr der äussern konzentrischen kreisähnlichen Kurve von gleicher Kote. Diese Annäherung scheint die Form der beiden Kurven zu beeinflussen und zwar im Sinne einer gegenseitigen Anziehung. Die äussere konzentrische Kurve weicht gegen das Zentrum zu immer mehr von der Kreisform ab. Die der Dreieckseite gegenüberliegende Stelle nähert sich dem Sichelbogen (siehe Kurven 4 und 3,5 in Abb. 6). Schliesslich berühren sich die beiden gleichkotierte Kurven, schmelzen im Berührungspunkt zusammen und spalten sich in der Querrichtung. Die neu entstandenen Teilkurven bilden mit den innern Sichelkurven eine neue, etwas geformte dreiteilige stetige Schleifenkurve, wieder mit den Dreiecks-Ecken als Schleifenkreuzungspunkten (siehe Kurven 3, 2,5 und 2 in Abb. 6).

An den äussern Teilen der Schleifenkurve sind noch deutlich die von der konzentrischen Kurve herkommenden und die von den äussern Sichelbogen verbliebenen Stücke erkennbar.

Bei weiterer Abnahme des mittleren Punktfehlers stossen sich die beiden Schmelzstellen immer mehr ab, der Restteil der äussern konzentrischen Kurve schliesst sich immer mehr um das Zentrum. Beide Bewegungen zusammen bedingen eine fortgesetzte Verkleinerung des äussern Schleifenteiles. Dieser fällt schliesslich im Eckpunkt des Dreiecks in sich zusammen, kurz bevor der mittlere Punktfehler sein Minimum erreichen wird. Es heben sich die drei inneren Sichelkurven als übrigbleibende Teile der Schleifenkurve von den Ecken des Dreiecks ab und verwachsen zu einer geschlossenen einfachen Kurve, die sich immer enger um das Zentrum des dem Dreieck einge-

schriebenen Kreises zusammenschliesst. Das Zentrum des eingeschriebenen Kreises ist der einzige Punkt der Ebene, der für das betreffende Dreieck den minimalen Punktfehler zeigt. Das gleichseitige Dreieck liefert unter allen Dreiecken den *kleinsten Minimum-Wert* von $M = 1,15 m_1$.

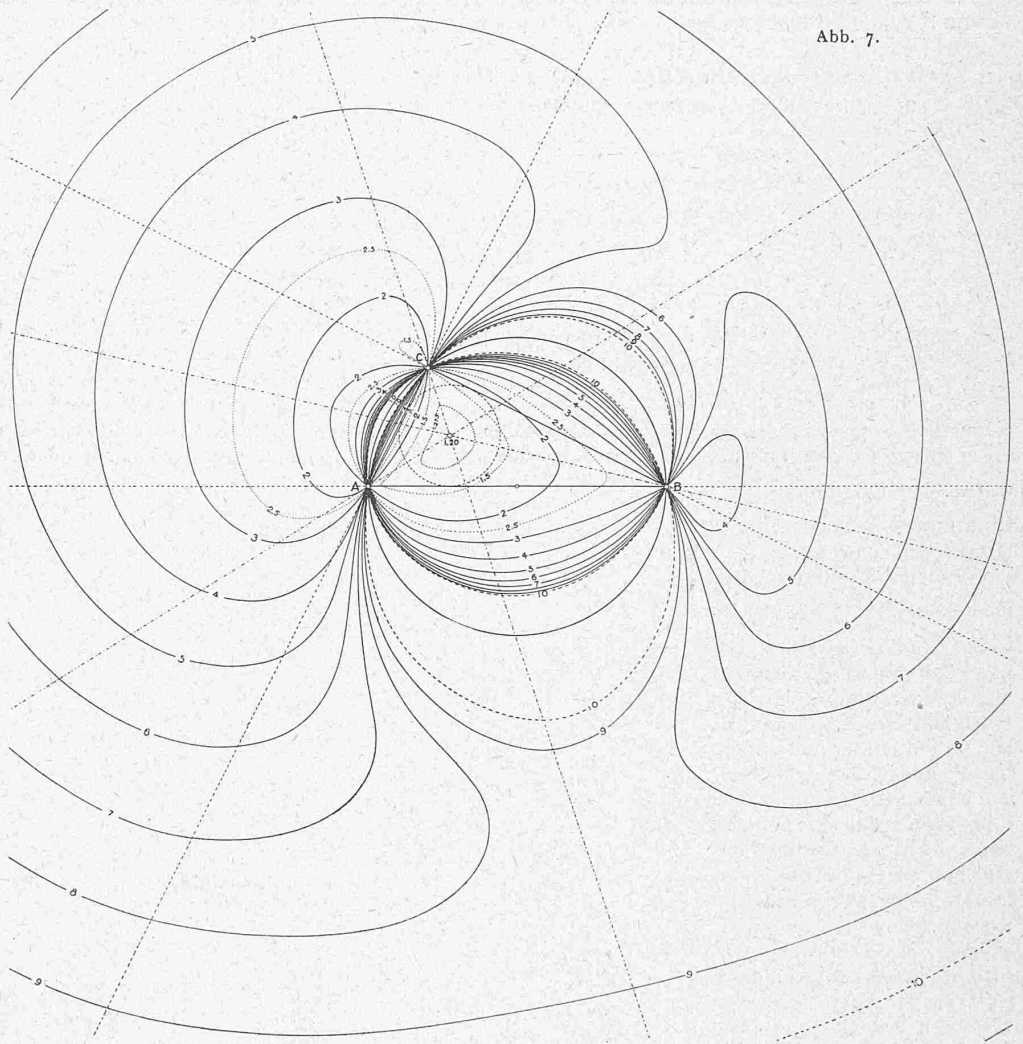


Abb. 7.

Beim oben erwähnten Berührungs- und Schmelzpunkt entsteht eine *Sattelstelle* des Punktfehler-Reliefs. Vom umschriebenen Kreis in Richtung nach diesem Punkt nimmt der mittlere Punktfehler ab, erreicht im Berührungspunkt selbst seinen kleinsten Wert und steigt nach aussen wieder langsam an, bis er im Unendlichen den Wert ∞ erlangt.

In der Querrichtung hingegen nimmt M nach links und nach rechts ab, den Dreieckspunkten und dem Minimumpunkt zu. Der Berührungspunkt ist somit in der Querrichtung der höchste Punkt, wodurch der Sattelcharakter begründet ist.

Die Wirkung einer *Aenderung des Ausgangsdreiecks* auf den Kurvenplan ist bei Vergleichung der Abb. 6 bis 9 leicht ersichtlich. Der grössern Dreieckseite wird auch der grössere Sichelbogen gegenüberliegen. Der grössten Seite gegenüber wird sich somit die Sichelkurve zuerst mit der äussern konzentrischen Kurve gleicher Kote verschmelzen. Die erst entstandene Sattelstelle ist die höchste, ist also mit dem grössten Punktfehler behaftet.

So liegt z. B. die Sattelstelle beim gleichseitigen Dreieck, in Abb. 6, auf Kote

$$\left(\frac{M}{m_1}\right) = 8,5$$

in Abb. 7 der grössten Seite gegenüber " = 8,5
 " " 8 " " " " " = 23,1
 " " 7 " kleinsten " " " = 1,95

Bei den verschiedenen Dreieckstypen wird infolge der Ungleichheit der Dreieckseiten nur die Sattelbildung zu verschiedener Zeit eintreten, und somit werden die Sattellagen ungleich hoch sein. — Ein und dieselbe Punktfehlerkurve wird über verschiedene Seitenlängen in ungleichen

kritischen Kreises bei noch günstigerer Schnittbildung der mittlere Fehler in der Höhenbestimmung das zulässige Mass weit überschritten hatte (vergleiche Abb. 8).

Die Fehler, die bei allen Auflösungsverfahren der poth. Aufgabe auch bei allergrösster Sorgfalt nicht ausge-
merzt werden können, haften an den Verhältnissen selbst und rühren her:

1. von schiefen Schnitten der Visurstrahlen und
2. von der fehlerhaften Tisch-Orientierung.

Die eine dieser Fehlerquellen hat ihren Sitz im Kreis vom Radius ∞ im ∞ , die andere im umschriebenen Kreise. Die beiden, zufolge Verschiedenartigkeit der Fehlerquellen verschiedenen Wirkungen machen sich über das ganze Feld geltend. Weder die eine noch die andere Fehlerquelle behauptet irgendwo allein das Feld. Die Genauigkeit eines jeden Punktes wird von beiden Fehlerquellen beeinflusst, bald mehr von dieser, bald mehr von jener, je nach der Lage von P in Bezug auf die Fehlersitze. Diese Doppelwirkung kommt in der Kurvendarstellung gut zum Ausdruck und mag an das magnetische Feld erinnern.

In der Praxis wird vielleicht weniger interessieren, wie viel der mittlere Punktfehler für diesen und jenen Fall beträgt, als von vornherein feststellen zu können, ob ein Punkt nach seinen Lageverhältnissen zum Dreieck mit ge-

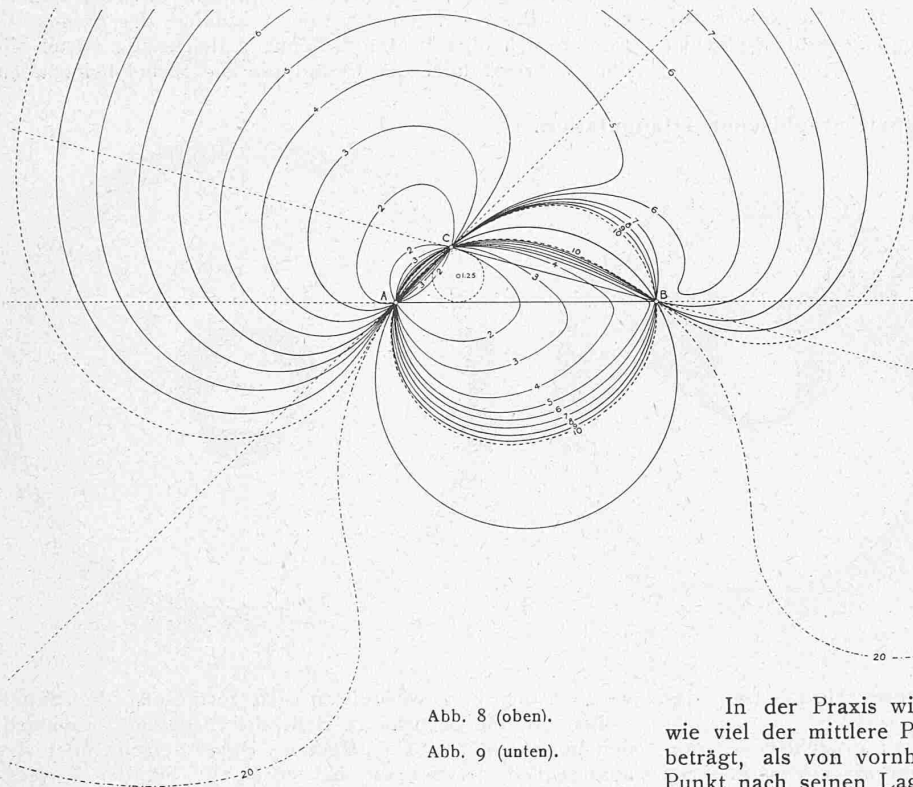


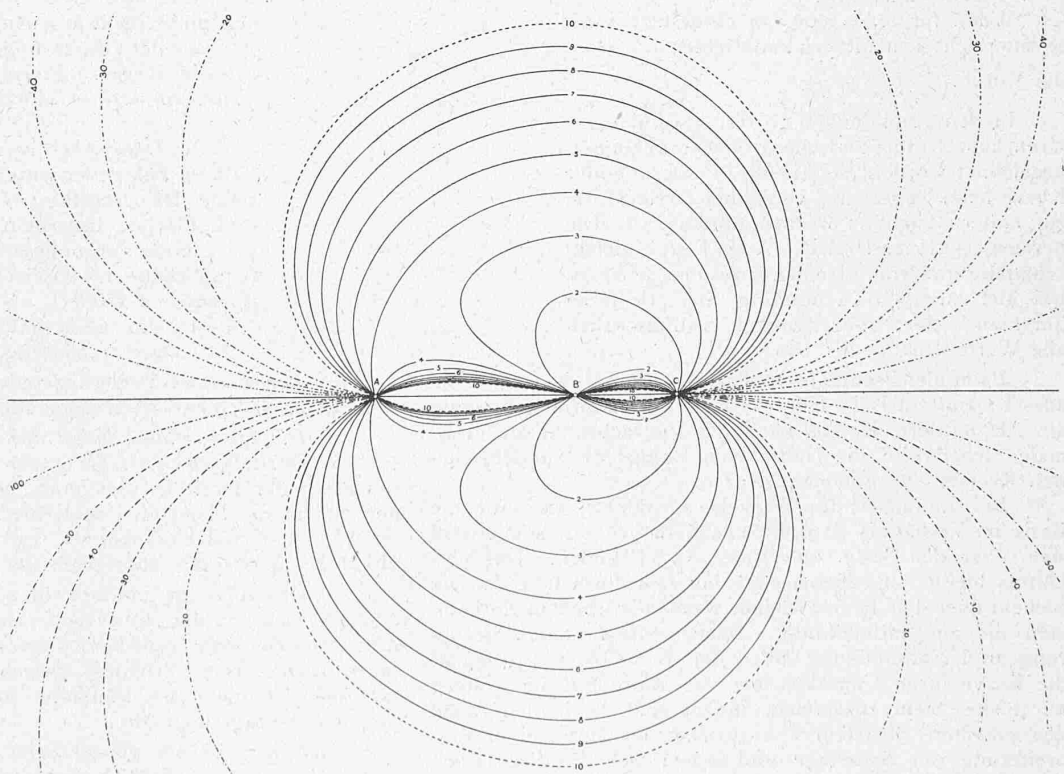
Abb. 8 (oben).
Abb. 9 (unten).

Stadien des Reduktionszyklus angetroffen werden.

Zufolge der Unsymmetrie können sich Schleifenkurven verschiedenster Art mit 1 bis 3 Kreuzungspunkten bilden, immer jedoch sind die Kurven in sich geschlossen und stetig gekrümmt. Für die Einprägung der Kurvenpläne ist es ratsamer, die Sichel und Sattelbildung, d. h. den Reduktionszyklus und nicht die Schleifenbildung einzelner Kurven zu beachten.

Am wichtigsten scheint mir das Ergebnis zu sein, dass der grössten Seite gegenüber der höchste Sattel liegt, dass hier also der mittlere Punktfehler grösser ist als der kleinen Seite gegenüber

(wohlverstanden nur ausserhalb des umschriebenen Kreises), obschon sich die Visuren der grösseren Seite gegenüber meist günstiger schneiden. Praktiker erinnern sich, dass bei der Lösung der pothenotischen Aufgabe, weit ausserhalb des



nügender Genauigkeit bestimmt werden kann oder nicht, mit andern Worten, welche Gegenden des Feldes der Genauigkeit günstig sind, und welche Flächenteile gemieden werden müssen. Dies führt zur Wahl einer Genauigkeitsgrenze.

IV. Die zulässige Genauigkeit und die Grenzkurve.

Als Genauigkeitsgrenze schlagen wir einen mittleren Punktfehler von $\pm 0,3 \text{ mm}$ vor.

Vom Gesichtspunkte der Genauigkeitsteigerung graphischer Triangulationen wird die Grenze möglichst eng gezogen. Bei Berücksichtigung des grossen Einflusses, den eine fehlerhafte Lagebestimmung auf den Höhenfehler ausübt, wird man kaum mehr als $\pm 0,3 \text{ mm}$ mittleren Fehler in der Lage zulassen.

entsprechend der Vergrösserung des umschriebenen Kreises. Im Grenzfalle wird unsere Kurve symmetrisch zur Verbindungsgeraden der drei Punkte (Abb. 10).

Ändert sich der Spitzenwinkel, wiederum ausgehend vom gleichseitigen Dreieck, fortgesetzt im Sinne einer Abnahme, so wird umgekehrt das Verhältnis zwischen Schenkel und Basis ein zunehmendes. Zufolge der Symmetrie werden sich über beiden Schenkeln gleichzeitig Sättel bilden, während über der Grundlinie die Sichel beibehalten

Genauigkeit graphischer Triangulation.

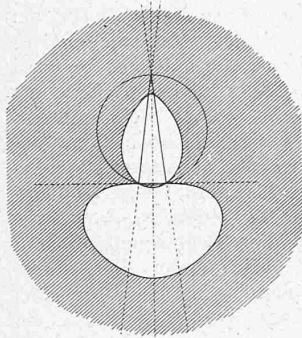
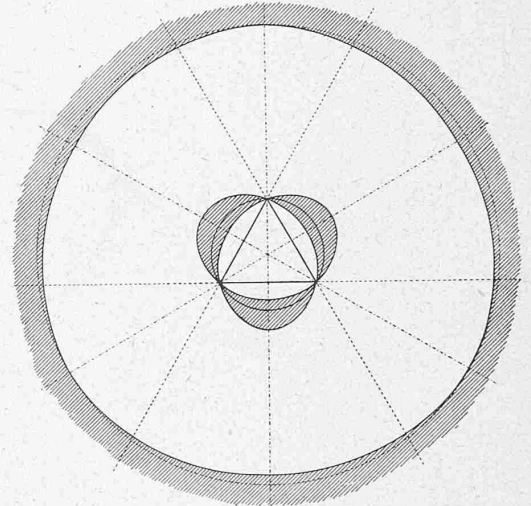
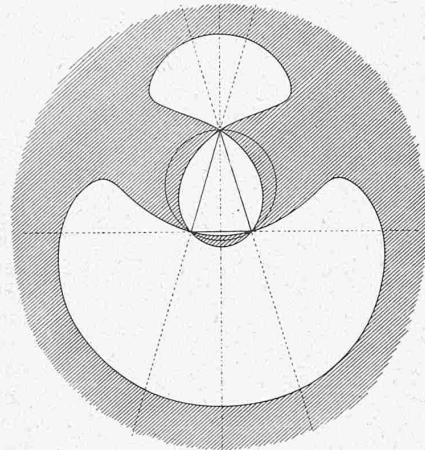


Abb. 10. Dreieck A.

Nebenan Abb. 11 (B) u. Abb. 12 (C).



Andererseits würde durch weiteres Herabsetzen das Aktionsfeld zu sehr beengt.

Die dem zulässigen mittleren Punktfehler entsprechende Kurve im Kurvenplan nennen wir *Grenzkurve*. Sie trennt das für pothenotische Punktbestimmungen *zulässige Feld* vom *unzulässigen*.

Wenn für $m_1 = 0,06 \text{ mm}$ eingesetzt wird, so entspricht dem mittlern Punktfehler $\pm 0,3 \text{ mm}$ die Kurve $\left(\frac{M}{m_1}\right) = 5$.

In den Abbildungen 10 bis 15 sind diese Grenzkurven für typische Dreieckformen aufgezeichnet worden, sodass die Aenderung der Kurve beim Uebergang von einer Dreieckform zur andern leicht zu ersehen ist (Abb. 16). Die herausgegriffenen Dreiecke A bis F sind gleichschenkelig und vom gleichen Kreis umschrieben. Bei der stetigen Aenderung der Dreiecke durchläuft der Spitzenwinkel kontinuierlich alle Werte von 0° bis 180° .

Beim gleichseitigen Dreieck, Abbildung 12, weicht die äussere konzentrische Kurve von der Kreisform nur wenig ab. Als mittlerer Radius kann das Vierfache, für die maximale Sichelbreite die Hälfte vom Radius des umschriebenen Kreises angenommen werden.

Bei Zunahme des Winkels an der Spitze wird die Basis im Verhältnis zu den Schenkeln grösser, somit wird sich über der Basis zuerst der Sattel bilden. Das Verhältnis bleibt ein zunehmendes bis zum Grenzfalle F. Die Sichel über den immer kleiner werdenden Schenkeln kommen nie zur Sattelbildung. Nach stattgefundener Berührung und Sattelbildung über der Basis (Abb. 13) behält die Kurve ihren Charakter bei, sie schrumpft im weitem nur immer mehr zusammen, indem sich die beiden Aeste der geteilten Sichelkurve abstossen, im Sinne einer Verbreiterung der Sattellage und indem sich das Bruckstück der äussern Kurve konzentrisch zusammenzieht (Abb. 14).

Zur Demonstration des Falles: Drei Punkte auf einer Geraden, wird im Dreieck E die Basis unveränderlich gelassen, während der Spitzenwinkel die Werte 120° bis 180° durchläuft. Das innere zulässige Feld wird grösser,

wird. Auch hier verbreitern sich fortgesetzt die Sattelstellen und die Grenzkurve zieht sich insgesamt zusammen, den normalen Zyklus befolgend. Dabei verschwindet der äussere Teil der Schleife bei etwa 15° bei der Dreieckspitze. Im Grenzfalle $\varphi = 0^\circ$ ist auch das innere zulässige Feld verschwunden. Aus zwei Punkten lässt sich nicht rückwärts einschneiden.

Bei der Beurteilung der Güte eines Feldes gilt die Regel: *Einem flachen Dreieck entspricht ein kleines zulässiges Feld.*

Die *Günstigkeit einzelner Teile des Feldes* wird im Folgenden untersucht. Wir teilen die Ebene des Dreiecks ein in:

- I. Fläche innerhalb des umschriebenen Kreises („inneres Feld“),
 - a) innerhalb des Dreiecks,
 - b) zwischen Dreieck und Kreis.
- II. Fläche ausserhalb des umschriebenen Kreises („äusseres Feld“),

- c) zwischen zwei Dreiecksgeraden, der Ecke gegenüber,
- d) zwischen zwei Dreiecksgeraden, der Seite gegenüber.

a) *Die Dreiecksfläche bildet das günstigste Feld. Fast für alle Dreieckformen ist die ganze Fläche zulässig.* Die innerhalb der Dreieckseiten poth. bestimmten Punkte zeigen zudem die kleinsten Punktfehler. Einzig bei Dreieckstypen A mit Spitzenwinkeln $< 15^\circ$ liegt der Winkelraum direkt bei der Spitze ausserhalb der Grenzlinie.

b) Das zulässige innere Feld ausserhalb des Dreiecks erstreckt sich von der Dreieckseite zum innern Sichelbogen. *Der grössern Seite gegenüber liegt das grössere zulässige innere Feld.* Das Verhältnis zwischen der Pfeilhöhe des zulässigen Feldes zur Pfeilhöhe im zugehörigen Kreis-Segment beträgt ungefähr:

- $\frac{2}{3}$ bis $\frac{1}{2}$ für grosse Seite im Dreieck und günstige Dreieckform,
- $\frac{1}{2}$ bis $\frac{1}{4}$ für kleine Seite im Dreieck und günstige Dreieckform,
- $\frac{1}{4}$ bis 0 für kleine Seite in ungünstiger Dreieckform.

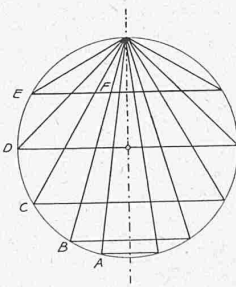


Abb. 16.

c) Das äussere Feld, der Ecke gegenüber, ist der poth. Punktbestimmung im allgemeinen günstig, umso günstiger, je grösser der entsprechende Dreieckswinkel ist.

d) Das äussere Feld der Dreieckseite gegenüber ist bei grosser Seite sehr ungünstig; es ist umso günstiger, je kleiner die Seite. Der grössten Seite gegenüber ist es meistens ganz unzulässig. Der mittleren Seite gegenüber ist meistens der mittlere radiale Streifen des Winkelraumes unbrauchbar und zulässiges Feld ist nur angelehnt an die Dreieck-Geraden zu finden. Der kleinsten Seite gegenüber kann sich

Wir setzen auch hier den Einstellungsfehler als verschwindend klein voraus, und nehmen die Fehler in der Tischorientierung auf den Stationen $A, B, C \dots$ als Konstante an. Diese Annahme ist gerechtfertigt, wenn für die Orientierung des Tisches auf den Stationen $A, B, C \dots$ keine ganz nahe liegenden Signale verwendet werden. Diesem Gesichtspunkte wird in der Praxis bereits grosse Beachtung geschenkt. Bei Annahme eines mittlern Anlegefehlers von $\pm 0,1 \text{ mm}$ werden die mittl. Verdrehungswinkel sehr klein und können als konstant vorausgesetzt werden.

Werden in Abb. 2 (Seite 141) von Q aus die Visurstrahlen nach den Ausgangspunkten gezogen, so ergeben sich wiederum als Beobachtungsfehler:

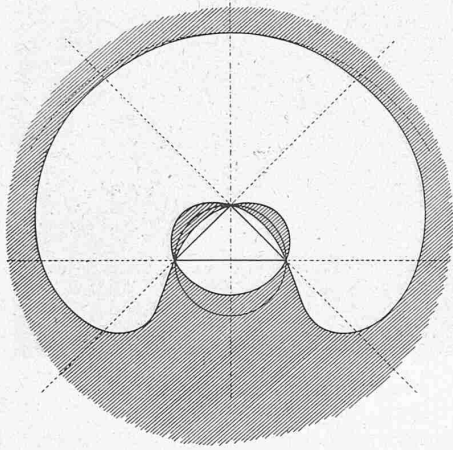


Abb. 13 (D).

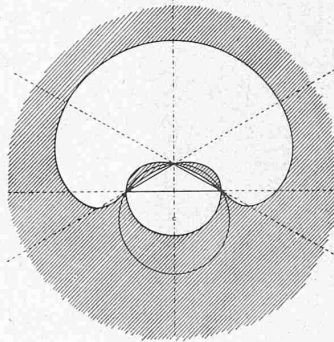


Abb. 14 (E).

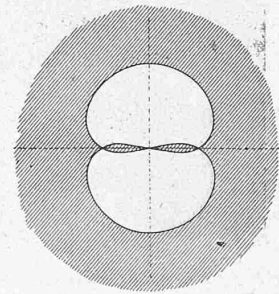


Abb. 15 (F).

ausserhalb des übrigen kleinen Sichelbogens ein weites günstiges Flächenstück zeigen.

Zur Beurteilung eines beliebigen unsymmetrischen Dreiecks ist ein von ihm wenig abweichendes symmetrisches Dreieck zu suchen, das dann mit Leichtigkeit in den eben skizzierten Zyklus eingepasst werden kann. Es ist nur zu beachten, dass, infolge der Unsymmetrie, ungleichen Seiten gegenüber die Sattellagen ungleich breit sind. Der Reduktionszyklus ist über ungleichen Seiten verschieden weit vorgerückt.

Nach einiger Uebung wird man im Gelände für irgend eine pothenotische Aufgabe gefühlsmässig erkennen, ob die verlangte Genauigkeit bei dem jeweils vorliegenden Fall erreicht werden kann. In kritischen Fällen wird man sich nach der angegebenen graphischen Methode sofort den mittleren Punktfehler ermitteln.

Die analytische Diskussion der Punktfehlerkurven und Grenzkurven eignet sich für die praktische Verwertung nicht. Die Punktfehlerkurve ist vom 6. Grad.

B. Genauigkeit beim graphischen Vorwärtseinschneiden.

Die Lage des Punktes P wird aus den gegebenen Punkten A, B, C usw. ermittelt, indem auf diesen Ausgangspunkten selbst und nicht auf dem Neupunkt stationiert wird.

Die Genauigkeitsverhältnisse sind hier wesentlich einfacher Art, als beim rückwärts eingeschrittenen Punkt, indem hier, einer Aenderung der Lagerverhältnisse von den Punkten $A, B \dots$ und P entsprechend, nur die eine der beiden Fehlerursachen ihre Wirkungsweise ändert.

$$v_1 = r_1 \omega + q \sin(\varphi + \alpha_1)$$

$$v_2 = r_2 \omega + q \sin(\varphi + \alpha_2)$$

$$v_3 = r_3 \omega + q \sin(\varphi + \alpha_3)$$

$$\dots$$

$$v_n = r_n \omega + q \sin(\varphi + \alpha_n)$$

worin ω eine konstante Grösse bedeutet. Wir setzen:

$$r\omega = f$$

$$q \sin \varphi = y; \quad q \cos \varphi = x$$

$$\cos \alpha = a; \quad \sin \alpha = b$$

und erhalten die Fehler-Gleichungen:

$$v_1 = a_1 y + b_1 x + f_1$$

$$v_2 = a_2 y + b_2 x + f_2$$

$$\dots$$

$$v_n = a_n y + b_n x + f_n$$

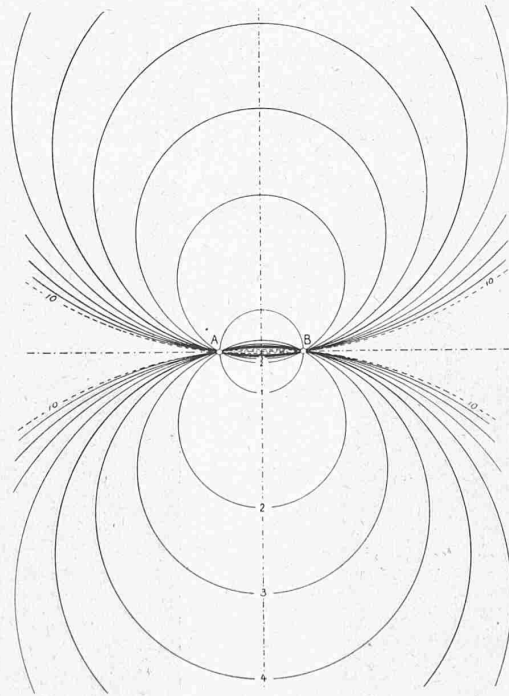


Abb. 17.

Wir betrachten gesondert den häufigsten Fall, wo P von nur 2 Punkten A und B aus vorwärts eingeschritten wird, und denken uns die x -Axe, über deren spezielle Lage noch frei verfügt werden kann, mit der einen Visur-Richtung PA zusammenfallend. Dann ist $\alpha_1 = 0$ und $\alpha_2 = \alpha$.

Es ergibt sich dann aus

$$M^2 = M_x^2 + M_y^2$$

$$M = \pm \frac{m}{\sin \alpha}$$

$$M_{\min} = m \quad \text{für } \alpha = 90^\circ$$

$$M_{\max} = \infty \quad \text{für } \alpha = 0^\circ \text{ oder } 180^\circ$$

Sämtliche Punktfehlerkurven für den vorwärts eingeschrittenen Punkt sind Kreise über AB als Sehne. Die Grösse des Winkels α , als der Peripheriewinkel über der Sehne AB , bedingt den Radius des Kreises. Der geometrische Ort aller Punkte mit dem minimalen Punktfehler m_1 ist gebildet durch den Kreis mit AB als Durchmesser (Abb. 17), den kleinsten der möglichen Kreise. Der geometrische Ort aller Punkte mit dem maximalen Punktfehler ∞ ist ein

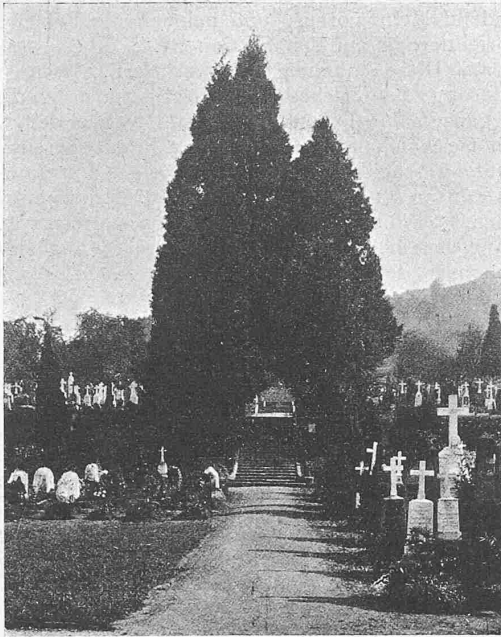


Abb. 5. Hauptweg von der Kapelle aus gesehen.



Abb. 6. Oberer Teil des alten Hauptweges.

Kreis vom Radius ∞ . Darauf entfallen die ∞ fernen Punkte selbst und die Punkte auf der Geraden AB .

Damit die Kurvenpläne des vorwärts und rückwärts eingeschnittenen Punktes miteinander verglichen werden können, werden in Abb. 17 die Kreise ebenfalls mit den Zahlenwerten (M/m) beschrieben. Es kann natürlich auch hier das zulässige Feld durch die Grenzkurve begrenzt werden. (Schluss folgt.)

Die Erweiterung des Friedhofs St. Michael in Zug.

Entwürfe von *Keiser & Bracher*, Architekten in Zug.

Unter den zahlreichen alten baulichen Schönheiten des malerischen Städtchens am Zugersee ist eine der weniger bekannten sein Friedhof zu St. Michael. Steigt man vom Torturm der Altstadt am Kolinplatz ostwärts gegen den

Zugerberg hinauf, vorbei an der Kirche St. Oswald, einem zierlichen Meisterwerk der Gotik, vorbei am dicken runden Pulverturm aus dem XVI. Jahrhunderts, so gelangt man zur neuen, 1902 von Prof. K. Moser erbauten St. Michaels-Kirche.¹⁾ Hinter ihr, also noch etwas weiter östlich und höher (vergl. Lageplan Abbildung 1), stand auf einer Terrasse, mit Zugang an der nordwestlichen Ecke vom Kirchenweg her (Abbildung 2), die alte Pfarrkirche z. St. Michael. Man findet ihr Bild in der Bauzeitung (Band XXXVIII, Seite 279) vom 28. Dezember 1901; sie stand inmitten des Friedhofs, der, wie das ehemalige Beinhaus, eine hochgiebelige gotische Kapelle mit flacher Holzdecke (Abb. 3), heute noch steht und benützt wird. Da sich die Anlage am Abhang hinaufzieht, nördlich begrenzt von der Kirchenstrasse, die zwischen Fried-

¹⁾ Dargestellt in Band XLIII, Seite 12 ff. (Januar 1904).

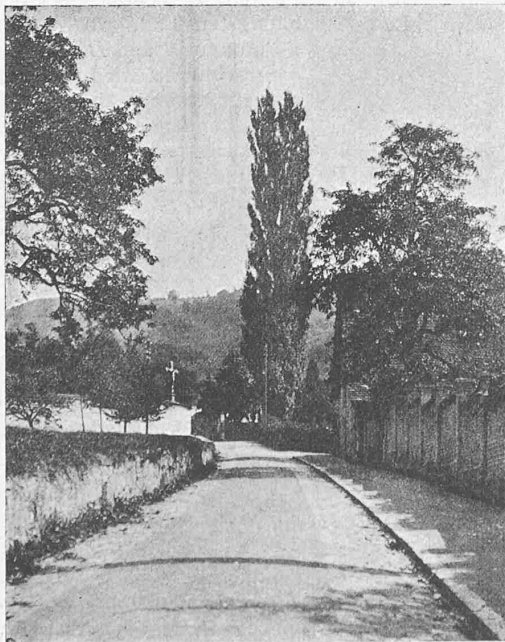


Abb. 2. Zugang zum alten Friedhof an der Kirchenstrasse.



Abb. 3. Alte Kapelle im unteren Teil des Friedhofs.