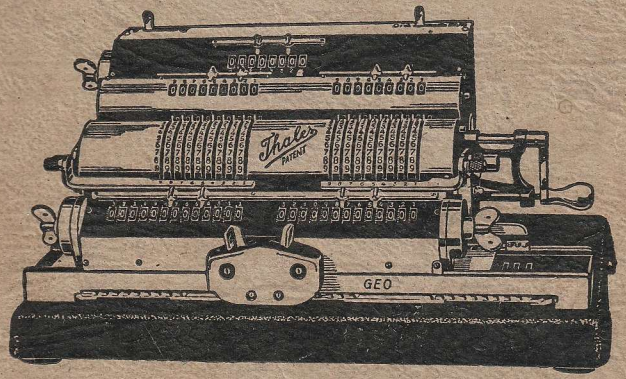
Thales

MODELL **GEO**



Thaleswerke G.m.b.H., Rastatt in Baden

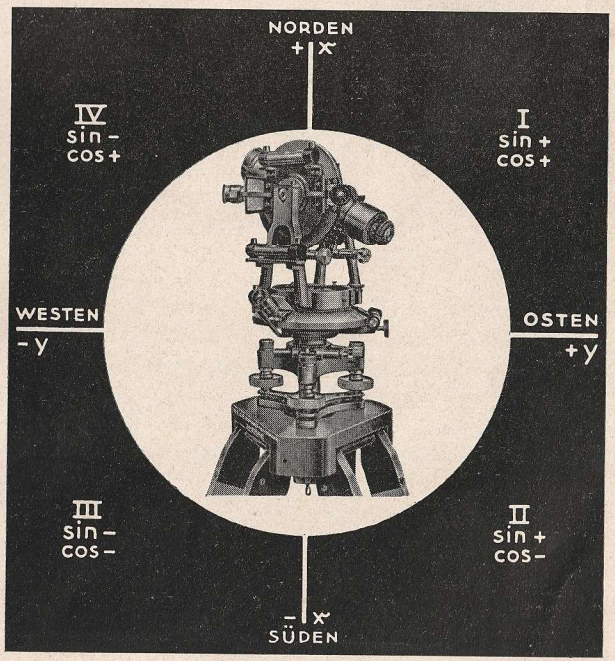
RECHENMASCHINEN-SPEZIALFABRIKEN

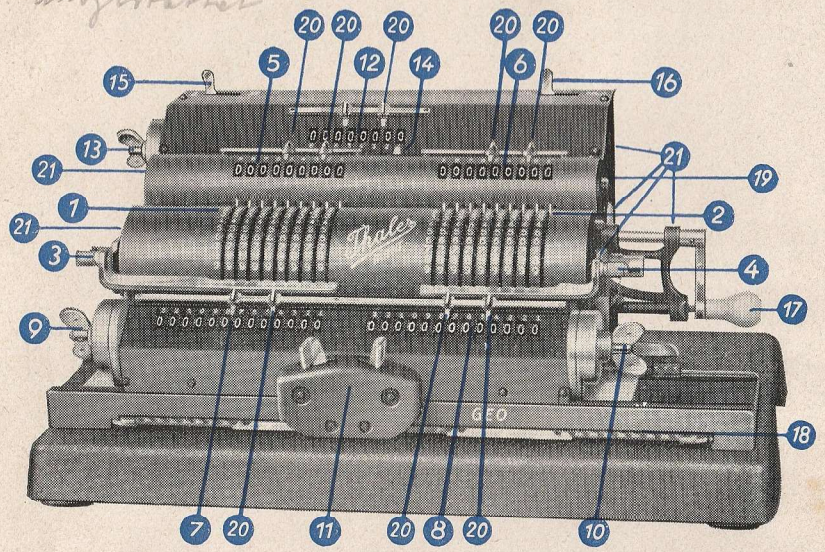
FÜR WISSENSCHAFTLICHES RECHNEN

Thales

UNIVERSAL-RECHENMASCHINE

GEO





1 und 2 linkes Einstellwerk E_l und rechtes Einstellwerk E_r mit je 9 Einstellhebeln.
3 und 4 Hebel zur Schnellöschung der Einstellwerke (DRP. und A. P.)
5 und 6 Anzeigewerke der eingestellten Zahlen.
7 und 8 linkes Hauptzählwerk H_l und rechtes Hauptzählwerk H_r mit je 13 Stellen und 13 Einstellrädchen.
9 und 10 Flügelgriffe zur Schnellöschung der Hauptzählwerke, eine halbe Umdrehung.
11 Schlittenschloß für den automatischen Schlittentransport (Freilauf) mit der vollkommen konkurrenzlosen Einrichtung, daß das linke Hauptzählwerk unter das rechte Einstellwerk (Schlitten rechts), und das rechte Hauptzählwerk unter das linke Einstellwerk (Schlitten links) gebracht werden kann (DRP. und AP).
12 Umdrehungszählwerk U mit 8 Stellen und 8 Einstellrädchen sowie Zehnerübertragung.
13 Flügelgriff zur Schnellöschung des Umdrehungszählwerkes.
14 Automatischer Stellenanzeiger, der (auch bei „Schlitten rechts" oder „Schlitten links") stets die richtige Stelle angibt, auf der die Maschine rechnet.
15 Umschalthebel zur Einschaltung des Rückwärtsganges des linken Werkes. (I = Vorwärtsgang, II = Rückwärtsgang).
16 Umschalthebel zur Einschaltung des Rückwärtsganges des Umdrehungszählwerkes (Mult = Vorwärtsgang, Div = Rückwärtsgang).
17 Antriebskurbel.
18 Transportsicherung.
19 Stift zur Entsperrung der Ziffernräder.
20 Kommaschieber.
21 Öffnungen zum Ölen der Maschine (nur harzfreies Instrumentenöl verwenden).

Geodätische Berechnungen mit der Doppelrechenmaschine Thales-Geo.

von Professor DR. KARL HERRMANN, Karlsruhe

A. Bedienungsvorschrift und Arbeitsweise der Maschine

Beschreibung ..... Seite 2
Handhabung der Maschine 3
Arbeitsweise der Maschine 4
Kommastellung 6

B. Berechnungsbeispiele

Übersicht der Berechnungsbeispiele 7
Vorbemerkungen 8
Vorbereitende Aufgaben 9
Vorwärtsschnitt ..... 12 und 13
Rückwärtsschnitt 14 15
Polygonzug 16 17
Polarpunkte 18 19
Bindepunkte (Kleinpunkte auf der Messungslinie) 20 21
Seitliche Kleinpunkte 22 23
Koordinaten — Umformung (allg. Fall) 24 25
Koordinaten — Umformung auf eine Standlinie 26 27
Linienschnitt (Geradenschnitt) 28 29
Flächenrechnung aus Koordinaten 30 31
Bogenschnitt 32

Abkürzungen:

U = Umdrehungszählwerk, E_l = linkes Einstellwerk, E_r = rechtes Einstellwerk
H_l = linkes Hauptzählwerk, H_r = rechtes Hauptzählwerk

A. Bedienungsvorschrift und Arbeitsweise der Maschine

Beschreibung. Die Universal-Doppelrechenmaschine ***Thales*** Modell ***Geo*** besteht aus zwei gekoppelten Einzelmaschinen mit einem gemeinsamen Umdrehungszählwerk U (12)[1], dieses besitzt 8 Zahlenstellen. Die beiden Einstellwerke E_l und E_r (1 und 2) haben je 9, die beiden Hauptzählwerke H_l und H_r (7 und 8) je 13 Zahlenstellen.

Der Konstruktion nach ist die Geo eine Sprossenrad-Rechenmaschine, welche die Multiplikation als wiederholte Addition durchführt.

Zum Schutze gegen Beschädigungen wird die Maschine vor dem Versand gesichert. Vor Inbetriebnahme ist daher die ***Transportsicherung*** (18) mittels eines Schraubenziehers zu lösen, nach oben zu verschieben und dann wieder anzuziehen. Ein kurzer Ruck des Schlittens nach rechts oder links gibt die Maschine zur Benutzung frei. Die erwähnte Sicherung muß so befestigt werden, daß der Schlitten bequem verschoben werden kann. Vor jedem Transport ist die Sicherung wieder einzuschalten, sodaß der Schlitten festgeklemmt ist.

Einzelwerke der Maschine. Das ***Umdrehungszählwerk*** U (12) zählt die Kurbeldrehungen. Es ist mit Zehnerübertragung ausgerüstet, sodaß 10 Umdrehungen auf gleicher Stelle durch eine Umdrehung der nächst höheren Stelle angezeigt werden. Außerdem besitzt das Umdrehungszählwerk einen Rückwärtsgang, der durch Umschaltung des Hebels 16 von „Mult" auf „Div" eingeschaltet wird. Bei ***Hebel 16 auf „Div"*** werden demnach ***Vorwärts***- (Plus-) Drehungen der Kurbel durch ***fallende*** Zahlen und ***Rückwärts***- (Minus-) Drehungen durch ***steigende*** Zahlen angezeigt. Der Hebel kann auch während des Rechnungsganges (jedoch nur in Ruhestellung der Kurbel) umgestellt werden. Durch die 8 Einstellrädchen an den Zahlen des U-Werkes kann dieses auch ohne Kurbeldrehung vor oder während des Rechenganges auf jede gewünschte Zahl eingestellt werden.

[1]) Die in Klammer beigefügten Zahlen geben die Nummern der einzelnen Maschinenteile in der Abbildung an.

Die beiden Einstellwerke E_l und E_r (1 und 2) tragen auf jedem der 9 Sprossenräder Hebel, die auf die gewünschte Zahl gebracht werden. Die zugehörigen Anzeigewerke (5 und 6) dienen zur Kontrolle der richtigen Einstellung. Gibt infolge unsachgemäßer Handhabung ein Anzeigewerk nicht die am Hebel eingestellte Zahl an, so entsperrt man bei gelöster Kurbel die Ziffernräder durch Eindrücken des Stiftes in der Öffnung 19 und verschiebt mit einem stumpfen Gegenstand (spitzer Gegenstand würde den Lack beschädigen) das Ziffernrad auf Null. Bei normaler Bedienung der Maschine treten solche Verstellungen des Einstellwerkes nicht ein.

Das ***rechte Einstellwerk*** E_r (2) arbeitet ***stets im Sinne der Kurbelumdrehungen***, d. h., das darunter befindliche Hauptzählwerk zeigt Vorwärtsdrehungen immer durch steigende Zahlen, Rückwärtsdrehungen immer durch fallende Zahlen an.

Das ***linke Einstellwerk*** E_l (1) ist mit ***Rückwärtsgang*** ausgerüstet, der durch Umstellung des Hebels 15 von I und II (auch während des Rechnungsganges, jedoch nur in Ruhestellung der Kurbel möglich) eingeschaltet wird. Das unter E_l befindliche Hauptzählwerk zeigt demnach bei Hebelstellung II Vorwärtsdrehungen der Kurbel durch fallende Zahlen und Rückwärtsdrehungen durch steigende Zahlen an.

Die beiden Hauptzählwerke H_l (7) und H_r (8), die mit Zehnerübertragung ausgerüstet sind, werden vom Schlitten getragen. Durch einen kurzen Ruck[1]) auf das Schlittenschloß (11) nach rechts oder links rückt der Schlitten von einer Stelle zur anderen. Der Schlitten muß hierbei einschnappen. Soll er jedoch ganz ausgelöst werden, sogenannter Freilauf, so sind die beiden senkrechten Flügel des Schlittenschlosses (11) mit Daumen und Zeigefinger gegeneinander zu pressen, worauf das linke H-Werk H_l (7) unter das rechte E-Werk E_r (2) oder das rechte H-Werk H_r (8) unter das linke E-Werk E_l (1) gebracht werden kann.

Beide H-Werke besitzen wie das U-Werk Einstellrädchen, um vor oder während der Rechnung jede gewünschte Zahl auch ohne Kurbeldrehung einstellen zu können.

Handhabung der Maschine. Die Kurbelumdrehungen erfolgen bei leicht angezogenem Kurbelgriff (17). Nach Beendigung der letzten Drehung läßt man den Kurbelgriff einschnappen (Ruhestellung der Kurbel). Eine einmal begonnene Kurbeldrehung ist stets zu Ende zu führen, da die Maschine sperren würde, wenn man nach einer Teildrehung den Drehungssinn ändern wollte. Die Drehungen sind mit losem Handgelenk, nicht krampfhaft, durchzuführen. Auf flüssiges, jedoch nicht übermäßig rasches und auch nicht ruckartiges Drehen ist zu achten.

[1]) Nur in Ruhestellung der Kurbel.

Nach dem Andrehen der Kurbel sind die Hebel der Einstellwerke gesperrt, sodaß eine Verschiebung während des Rechnens ausgeschlossen ist. In der Ruhestellung der Kurbel sorgt der Anschlagstift, der durch eine Feder in die Fassung gepreßt wird, für die Entsperrung der Ziffernräder. Tritt diese Entsperrung nicht mehr in genügendem Maße ein, so schafft ein leichtes Ölen des Kurbelstiftes oder eine Auswechselung der lahm gewordenen Feder Abhilfe. Steht eine solche Ersatzfeder nicht sofort zur Verfügung, so kann die gewünschte Entsperrung auch durch Druck des Zeigefingers auf den in der Kurbel sitzenden Knopf erreicht werden.

Bei allen Handhabungen gilt als erster Grundsatz: ***Man wende nie Gewalt an,*** wenn sich ein Widerstand bemerkbar macht. Gegen unsachgemäße Bedienung ist die Maschine durch Sperren gesichert, die infolge falscher Handhabung zur vollkommenen Blockierung führen, sodaß Fehlrechnungen ausgeschlossen sind. Bei Sperrung der Maschine ist die Ursache meist darin zu suchen, daß eine Löschschraube (9, 10, 13) nicht bis zum Anschlag gedreht, oder daß der Schlitten nicht eingerastet ist.

Vor Witterungseinflüssen (zu starker Hitze oder Feuchtigkeit) ist die Maschine zu schützen. Gegen Staub und gegen Stoß bietet die bei längeren Arbeitspausen aufzusetzende Blechkappe Schutz. In etwa viertel- bis halbjährlichen Abständen ist die Maschine zu reinigen und zu ölen. Es darf jedoch nur bestes, harzfreies Instrumentenöl in mäßiger Menge verwendet werden.

Arbeitsweise der Maschine. Bei der Multiplikation erscheint das Ergebnis (Produkt) in einem der beiden Hauptzählwerke, die deshalb auch Produkten- oder Resultatwerke genannt werden. Das Ergebnis der Division (Quotient) erscheint stets im Umdrehungszählwerk (Quotientenwerk). Die Geo kann auch mehrere Einzeloperationen in einen gemeinsamen Rechengang zusammenfassen, zum Beispiel

1. $x = a\frac{b}{c}$ Die rechte Maschine führt die Division aus, deren Ergebnis $\frac{b}{c}$ in U erscheint und sich im gleichen Rechengange mit dem in E_l eingestellten Faktor a vervielfacht, sodaß H_l sofort das Gesamtresultat anzeigt.

2. $x = a + b\frac{c-d}{e}$. Während H_r die Differenz $c - d$ durch Aufzählen von d nach c bildet, dividiert die rechte Maschine durch den in E_r eingestellten Divisor e. Das in U erscheinende Ergebnis $\frac{c-d}{e}$ vervielfacht sich gleichzeitig mit dem in E_l eingestellten Faktor b und wird zu a, das zuvor in H_l eingestellt wurde, addiert. Das in H_l stehende Gesamtresultat x ist daher durch

Zusammenfassung aller 4 Grundrechnungsarten Addition, Subtraktion Multiplikation und Division in einem einzigen Rechengang erhalten worden.

Durch Hebelschaltungen (15 und 16) können alle denkbaren Vorzeichenkombinationen Berücksichtigung finden. Die Hebelumstellung darf jedoch nur in der Ruhelage der Kurbel erfolgen. Die Ingangsetzung der Kurbel sperrt neben den Ziffernrädern auch die Umschalthebel. Wollte man trotzdem bei gelöster Kurbel eine Umschaltung vornehmen, so würde die Maschine blockiert oder gar beschädigt.

Zahleneinstellungen können während der Hebelumschaltung in allen Werken stehen bleiben, sodaß die Maschine auch im Verlaufe einer Rechenoperation jederzeit auf entgegengesetzte Zählweise umgestellt werden kann. Die Wirkung der Hebelschaltung läßt sich in folgendem Schema darstellen:

Kurbel-Drehsinn	linker Hebel	rechter Hebel	Umdrehungszählwerk	Hauptzählwerk	
				unter dem *linken* E-Werk	unter dem *rechten* E-Werk
vorwärts (+)	I	Mult.	+	+	+
vorwärts (+)	II	Mult.	+	—	+
vorwärts (+)	I	Div.	—	+	+
vorwärts (+)	II	Div.	—	—	+
rückwärts (—)	I	Mult.	—	—	—
rückwärts (—)	II	Mult.	—	+	—
rückwärts (—)	I	Div.	+	—	—
rückwärts (—)	II	Div.	+	+	—

Linker Hebel von I auf II schaltet die linke Maschine auf Rückwärtsgang. Rechter Hebel von „Mult" auf „Div" schaltet das Umdrehungszählwerk auf Rückwärtsgang. Die Bezeichnungen „Mult" und „Div" geben nur die positive oder negative Zählweise des Umdrehungszählwerkes an und haben mit Multiplikation oder Division eigentlich nichts zu tun.

Bei „Schlitten Mitte" steht unter jedem Einstellwerk das zugehörige Hauptzählwerk.

Bei „Schlitten rechts" steht H_l unter $E_r \cdot H_r$ ist frei.

Bei „Schlitten links" steht H_r unter $E_l \cdot H_l$ ist frei.

Kommastellung. Der automatische Stellenanzeiger (14) gibt stets (auch bei Schlitten „rechts" oder „links") die richtige Stelle an, auf welcher die Kurbeldrehungen erfolgen. Das Hauptzählwerk liefert das Produkt aus der im Einstellwerk eingestellten Zahl mal der Anzahl der Kurbeldrehungen. Hieraus folgt als

Kommaregel:

Die Zahl der durch das Komma abgetrennten Dezimalstellen muß im Hauptzählwerk ebenso groß sein wie im zugehörigen Einstellwerk und im Umdrehungszählwerk zusammen!

Diese Regel ist stets für beide Maschinenteile zu beachten, insbesondere auch bei „Schlitten rechts" oder „Schlitten links".

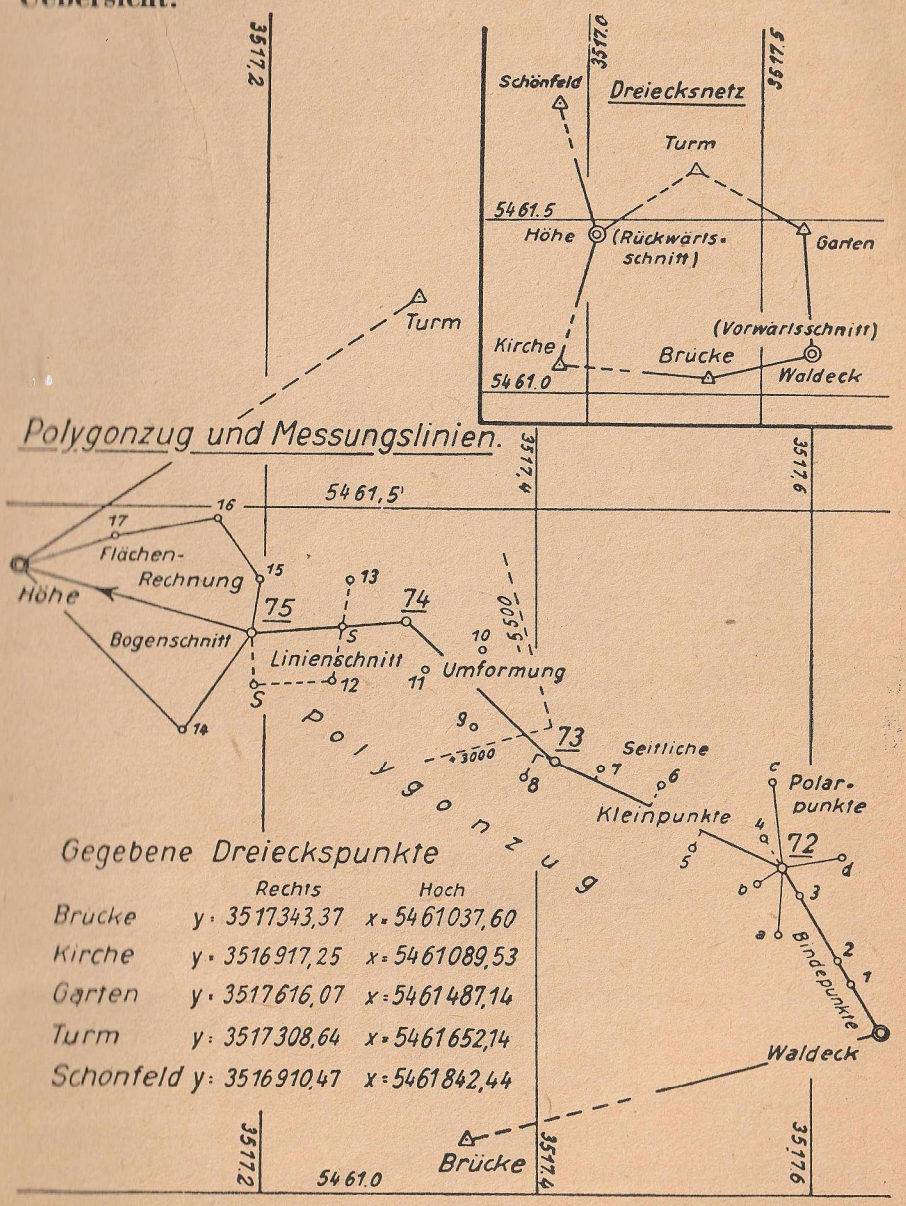
Beispiele:

1. Bei einem Rechengange sind in U 3 Stellen, in E_l 5 Stellen, in E_r 6 Stellen abgetrennt. Hieraus folgt: H_l 3 + 5 = 8 Stellen, H_r 3 + 6 = 9 Stellen.
2. Es wurden in H_l 10 Stellen, in E_l 4 Stellen und in E_r 2 Stellen abgetrennt. Hieraus folgt: U 10 — 4 = 6 Stellen und H_r 6 + 2 = 8 Stellen.
3. Zur Berechnung von $x = a\frac{b}{c} = 16{,}27541 \cdot \frac{275{,}63}{109{,}842} = 40{,}84$ auf 0,01 Einheit sicher ist der in U erscheinende Quotient $\frac{b}{c}$ auf 0,0001 Einheit zu ermitteln.

Daher Ausgangsstellung der Maschine:
U = 0,0000 (4 Stellen) E_r = 109,842 (3 Stellen), H_r = 0,0000000 (4 + 3 = 7 St.)
E_l = 16,27541 (5 Stellen), H_l = 0,000000000 (4 + 5 = 9 Stellen)
In Zweifelsfällen ist zu empfehlen, in den Werken eher eine Stelle mehr abzustreichen. Dies verursacht keine Mehrarbeit, wenn man die Rechnung nach Erreichung der geforderten Genauigkeit abbricht, ohne bis zur letzten Dezimalstelle durchzurechnen, falls sich dies im Verlauf der Rechnung als unnötig erweist. Auf keinen Fall aber darf gegen die Kommaregel verstoßen werden. Um dies klar zum Ausdruck zu bringen, sind bei der maschinenrechnerischen Auswertung der in diesem Hefte zusammengestellten Beispiele jeweils alle in der Maschine sichtbaren Zahlen angeschrieben. Hierdurch erübrigen sich weitere Angaben über die Kommastellung

B. Berechnungsbeispiele

Uebersicht:



Vorbemerkungen. Die in der Vermessungspraxis häufig vorkommenden Koordinatenrechnungen (Vor- und Rückwärtsschnitt, Polygonzug, Polarpunkte, Kleinpunkte, Umformung, Linien- und Bogenschnitt, Flächenrechnung) sind in diesem Hefte zusammengestellt und an Beispielen erläutert. Alle Berechnungen erfolgen im Gauß-Krügersystem. Dieses entspricht dem I. Quadranten ($y = +$, $x = +$) des allgemeinen Koordinatensystems.

Die Winkelangaben beziehen sich auf die 400^g Teilung. Für das Aufschlagen der Winkelfunktionen sind die beiden Tafeln von Peters (sechstellige Werte der trigonometrischen Funktionen) und Balzer-Dettwiler (fünfstellige Sinus- und Tangensfunktionen) verwendet worden.

Von besonderer Bedeutung ist die Frage, wie ***negative Zahlen in der Maschine*** behandelt werden sollen. Grundsätzlich könnten in allen Werken ***negative Zahlen mit ihren dekadischen Ergänzungen*** geführt werden (Vorzeichentreue Rechenweise). Dadurch würden Hebelschaltungen überflüssig. Resultate, die in dekadischer Ergänzung erscheinen, wären als negative Werte in das Formular zu übernehmen.

Zunächst ist jedoch entgegen dieser Möglichkeit für die beiden ***Einstellwerke*** zu empfehlen, ***negative Zahlen*** nicht als dekadische Ergänzungen, sondern ***mit ihren Absolutwerten*** zu führen, und die Minuszeichen durch entsprechende Hebelschaltung zu berücksichtigen. Alle in diesem Heft gerechneten ***Beispiele*** arbeiten mit ***Absolutwerten in den Einstellwerken.***

Die Entscheidung, ob im ***Umdrehungszählwerk*** und in den beiden ***Hauptzählwerken*** negative Zahlen als dekadische Ergänzungen oder als Absolutwerte laufen sollen, wird man dem Rechner überlassen müssen. Im allgemeinen ist folgende Regel zu empfehlen:

1. Kommen ***negative Zahlen nur vereinzelt*** vor, so wird man gerne mit dekadischen Ergänzungen im U-Werk und den beiden H-Werken arbeiten. Dies ist z. B. der Fall, wenn im Verlaufe einer Rechnung die Koordinatenachse überschritten wird. So erscheinen z. B. bei der Koordinatenumformung auf eine Standlinie (s. Beispiel) die beiden links der Standlinie liegenden Ordinaten — 21, 23 und — 13, 48 als dekadische Ergänzungen in H_l. Auch im U-Werk wird man gelegentlich negative Zahlen als dekadische Ergänzungen führen, z. B., wenn bei einer Kleinpunktberechnung auch negative Abszissen auftreten (die Standlinie ist über den ***Anfangs***punkt hinaus verlängert). Will man aber mit Absolutzahlen im U-Werk arbeiten, so lassen sich die Minuszeichen der im U-Werk laufenden Zahlen sehr einfach durch Gegenschaltung, d. h. durch Umstellung des rechten Hebels von „Mult" auf „Div" berücksichtigen.

2. ***Negative Zahlen treten häufig auf.*** Dies ist insbesondere der Fall in Vermessungsbezirken, die in Ermangelung von Gauß-Krüger-Koordinaten im II., III. oder im IV. Quadranten eines Koordinatensystems liegen. Um hier nicht immer die negativen Koordinaten als dekadische Ergänzungen mitschleppen zu müssen, wirft man vorteilhafter die Minuszeichen ab, d. h. arbeitet mit Absolutwerten im U-Werk und den beiden H-Werken und berücksichtigt die negativen Vorzeichen durch entsprechende Hebelschaltung. Diesem letzteren Umstande Rechnung tragend, sind den Berechnungsbeispielen im allgemeinen auch die Schaltregeln für den II., III. und IV. Quadranten des allgemeinen Koordinatensystems beigefügt, für den Fall, daß der Rechner mit Absolutwerten im U-Werk und den beiden H-Werken zu arbeiten wünscht. Mit Rücksicht auf den Umfang dieses Heftes konnten jedoch nur Koordinatenbeispiele im I. Quadranten (Gauß-Krüger) aufgenommen worden. Die Rechenweise in den übrigen 3 Quadranten unterscheidet sich aber, abgesehen von den Hebelschaltungen bei Rechnung mit Absolutwerten, nicht grundsätzlich von den gerechneten Beispielen.

Das ***Glockenzeichen***, das beim Übergang eines Hauptzählwerkes auf dekadische Zählweise ertönt, kann im allgemeinen unbeachtet bleiben.

1. Aufgabe: Vorbereitende Aufgaben

Gemessen sind die Grundlinie $c = 148{,}76$ m und die Winkel $\alpha = 63{,}275^g$, $\beta = 59{,}743^g$, $\gamma = 76{,}982^g$ ($\alpha + \beta + \gamma = 200{,}000^g$ abgestimmt) eines Dreiecks. Nach dem Sinussatze erhält man (normale Bezeichnung vorausgesetzt) die beiden restlichen Seiten

$$a = c\frac{\sin\alpha}{\sin\gamma} = 148{,}76\,\frac{0{,}83817}{0{,}93534} = 133{,}31 \text{ u. } b = c\frac{\sin\beta}{\sin\gamma} = 148{,}76\,\frac{0{,}80664}{0{,}93534} = 128{,}29.$$

Die Divisionen $\frac{0{,}83817}{0{,}93534}$ und $\frac{0{,}80664}{0{,}93534}$ werden auf der rechten Maschine, als Division durch Multiplikation, ausgeführt. Die beiden Quotienten müssen auf je 5 Dezimalstellen gerechnet werden, damit die auf der linken Maschine vorzunehmende Multiplikation mit 148,76 das Gesamtresultat auf 0,01 Einheit (cm) sicher liefert. Daher Ausgangsstellung: $U = 0{,}00000$, $E_l = 148{,}76$, $E_r = 0{,}93534$, $H_l = 0{,}0000000$, $H_r = 0{,}0000000000$. Bei Hebel „I Mult" wird H_r zunächst auf 0,8381675274 (Soll 0,83817), dann ohne Löschung weiter auf 0,8066372160 (Soll 0,80664) gekurbelt. In H_l erscheinen dabei der Reihe nach $a = 133{,}3053236$ und $b = 128{,}2906240$. Die hierbei in U stehenden Werte 0,89611 $\left(=\frac{0{,}83817}{0{,}93534}\right)$ und 0,86240 $\left(=\frac{0{,}80664}{0{,}93534}\right)$ können als Nebenresultate unbeachtet bleiben.

2. Aufgabe:

Bei Koordinatenumformungen sind Gleichungen der folgenden Bauart auszuwerten:

$y = 1827{,}36 + 0{,}57145 \cdot 63{,}12 + 0{,}82014 \cdot 12{,}53 = 1873{,}71$

$y = 3412{,}91 + 0{,}82014 \cdot 63{,}12 - 0{,}57145 \cdot 12{,}53 = 3457{,}52$

Die Geo errechnet diese beiden Gleichungen infolge der konkurrenzlosen Einrichtung des Schlittentransportes auf die denkbar einfachste Weise.

Ausgangsstellung der Maschine: Hebel „I Mult". U = 0,00, $E_l = 0{,}57145$, $E_r = 0{,}82014$, $H_l = 1827{,}3600000$, $H_r = 3412{,}9100000$. Bei „Schlitten Mitte" U auf 63,12 kurbeln, U löschen. Die Zwischenergebnisse H_l 1863,4299240 und H_r 3464,6772368 sind ohne Interesse. Bei „Schlitten rechts" d. h. H_l unter E_r, wird nun U von 0,00 auf 12,53 gekurbelt und hierauf bei „Schlitten links", d. h. H_r unter E_l, wieder auf 0,00 zurück. In H_l steht y = 1873,7062782, in H_r x = 3457,5169683.

3. Aufgabe:

Bei Schnittberechnungen (Linienschnitt, Vor-, Seit- und Rückwärtsschnitt) wendet man das Gleichkurbeln der beiden Hauptzählwerke an.

$y = 945{,}83 + (x - 215{,}36) \cdot (-0{,}37212)$ (läuft auf der linken Maschine)

$y = 1163{,}25 + (x - 215{,}36) \cdot 5{,}72308$ (läuft auf der rechten Maschine)

Ausgangsstellung: $H_l = 945{,}8300000$, H_r 1163,2500000, U = 215,36: $E_l = 0{,}37212$ (Minuszeichen durch Hebelschaltung berücksichtigt), $E_r = 5{,}72308$, Hebel „II Mult" (bei steigendem U fällt H_l und H_r steigt). Beim Gleichkurbeln zeigt die Maschine folgende Zahlen:

Stellenanzeiger von U steht auf	Kurbelung	U zeigt an	H_l zeigt an	H_r zeigt an
		215,36	945,8300000	1163,2500000
4	4 mal rückwärts	175,36	960,7148000	934,3268000
3	4 mal vorwärts	179,36	959,2263200	957,2191200
2	3 mal vorwärts	179,66	959,1146840	958,9360440
1	3 mal vorwärts	179,69	959,1035204	959,1077364

Das Augenmerk ist beim Gleichkurbeln besonders auf das rascher laufende H_r zu richten. Es wird bis zur kleinstmöglichen Differenz zwischen H_l und H_r gekurbelt.

Beibehalten wird der Wert des langsamer laufenden H_l $y = 959{,}10 \cdot x = 179{,}69$ steht in U.

4. Aufgabe:

Berechnung des Richtungswinkels aus Koordinaten.

Für den zu berechnenden Vorwärtsschnitt des Punktes „Waldeck" aus „Kirche" und „Garten" werden die Orientierungsrichtungswinkel Kirche — Brücke = (KB) und Garten — Turm = (GT) benötigt. Für die Berechnung des Richtungswinkels (P_1 P_2) von P_1 nach P_2 mit Kontrolle können u. a. die folgenden Gleichungen Verwendung finden:

$y_1 + (x_2 - x_1) \cdot \operatorname{tg} (P_1 P_2) = y_2$ (linke Maschine)

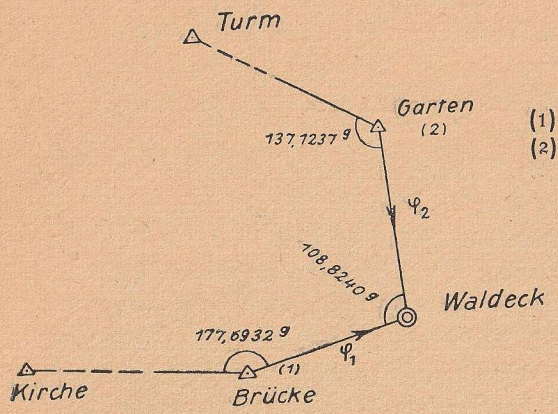
$x_1 + (y_2 - y_1) \cdot \operatorname{ctg} P_1 P_2) = x_2$ (rechte Maschine)

Für die Berechnung des Richtungswinkels von Kirche nach Brücke ist Kirche = 1, Brücke = 2 zu setzen. Die Maschine erhält folgende *Ausgangsstellung:*

$H_l : y_1 = 6917{,}25000000$, $H_r : x_1 = 1089{,}53000000$, $E_l : x_2 - x_1 = 51{,}93$ (absolut) $E_r : y_2 - y_1 = 426{,}12$. 51,93 und 426,12 werden ohne Notierung vom Koordinatenverzeichnis durch Subtraktion (Aufzählen) direkt ins Einstellwerk gebracht. U = 0,000000. Mit Hebelschaltung „II Div" und Rückwärtskurbelung wird zunächst H_l auf 7343,36992380 (Soll $y_2 = 7343{,}37$) gebracht, dann ohne vorherige Löschung bei gleicher Schaltung H_r auf 1037,60003396 (Soll $x_2 = 1037{,}60$). Hierbei wird in U nacheinander abgelesen 8,205660 und 0,121867. Vorzeichen erfolgt aus Schaltung. tg (KB) = — 8,205660 und ctg (KB) = — 0,121867 ergeben übereinstimmend (KB) = 107,7202^g.

Zur Berechnung des Richtungswinkels von Garten nach Turm = (GT) = (P_1 P_2) wird die Maschine wie folgt eingestellt: $H_l : y_1 = 7616{,}07000000$: $H_r : x_1 = 1487{,}14000000$, $E_l = x_2 - x_1 = 165{,}00$, $E_r : y_2 - y_1 = 307{,}43$ (absolut) U = 0,000000. Mit Hebelschaltung „II Mult" und Vorwärtskurbelung wird zunächst H_l auf 7308,64002000 (Soll $y_2 = 7308{,}64$), und dann ohne vorherige Löschung bei gleicher Schaltung H_r auf 1652,14014044 (Soll $x_2 = 1652{,}14$) gedreht. Hierbei erscheinen in U 1,863212 und 0,536708. Daher tg (GT) = — 1,863212 und ctg (GT) = — 0,536708 (Vorzeichen folgt aus Schaltung und Überschlag). Man erhält aus tg und ctg übereinstimmend (GT) = 331,3587^g.

Vorwärtsschnitt



Gegeben:

	Rechts (y)	Hoch (x)
(1) Brücke:	3517343.37	5461037.60
(2) Garten	17616.07	61487.14

Gemessene Winkel:

auf Brücke 177.6932^g
auf Waldeck 108.8240
auf Garten 137.1237

Gesucht:

Die Koordinaten y und x des Neupunktes „Waldeck".

Winkelabstimmung:

	gemessene Winkel	Richtungswinkel	
Kirche			
	−8	107.7202	(Berechnung s. Vorber. Aufg., 4. Aufgabe)
Brücke	177.6932		
	−8	85.4126	$= \varphi_1$ $\quad tg\,\varphi_1 = +4.28753$
Waldeck	108.8240		
	−8	394.2358	$= \varphi_2 \pm 200^g$ $\quad tg\,\varphi_2 = -0.090792$
Garten	137.1237		
		331.3587	(Berechnung s. Vorber. Aufg.: 4. Aufgabe)
Turm			
	23.6409	23.6385	

Soll 23.6385

f = − 0.0024

Schnittberechnung für den Neupunkt „Waldeck"

H H <——U——> E <—U—> E

$y = y_1 + (x_2 - x_1) \cdot tg\,\varphi_1 + (x - x_2) \cdot tg\,\varphi_1$ } linke Ma.

$y = 7343.37000000 + (1487.14 - 1037.60) \cdot 4.287530 + (x - 1487.14) \cdot 4.287530$ }

$y = y_2 + (x - x_2) \cdot tg\,\varphi_2$ } rechte Ma.

$y = 7616.07000000 + (x - 1487.14) \cdot (-0.090792)$ }

Schaltregel

bei Rechnung mit Absolutwerten für die 4 Quadranten des allg. Koordinatensystems.

$tg\,\varphi_1$	$tg\,\varphi_2$	Quadrant Gauß-Krüger I $\binom{y=+}{x=+}$	II $\binom{y=+}{x=-}$	III $\binom{y=-}{x=-}$	IV $\binom{y=-}{x=+}$
+	+	I Mult	I Div	I Mult	I Div
+	−	II Div	II Mult	II Div	II Mult
−	+	II Mult	II Div	II Mult	II Div
−	−	I Div	I Mult	I Div	I Mult

Maschinenrechnerische Auswertung

Ausgangsstellung der Maschine:

$H_l = 7343.37000000$, $H_r = 7616.07000000$, $U = 1037.60$, $E_l = 4.287530$, $E_r = 0.000000$. Schaltung „II Div" (weil Figur im I. Quadranten und $tg\,\varphi_1 = +$, $tg\,\varphi_2 = -$, s. Schaltregel) Hebelschaltung während der Rechnung nicht äudern! U wird auf $x_2 = 1487.14$ gekurbelt. Zwischenergebnis $H_l = 9270.78623620$ ist nicht abzulesen. Nunmehr wird $E_r = 0.090792$ eingestellt und H_l mit H_r gleichgekurbelt.

Es erscheinen: $H_l = 7650.40002330$, $H_r = 7650.38302056$, $U = 1109.21$. Das langsamer laufende H_r liefert den endgültigen y-Wert. Daher Neupunkt

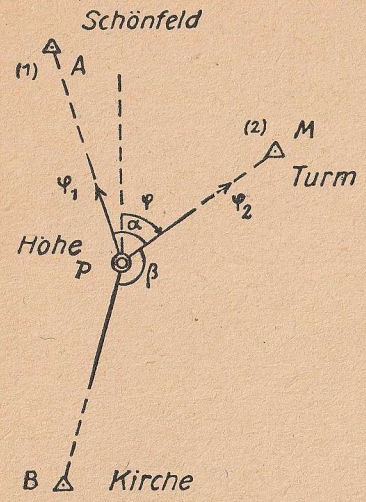
Waldeck: Rechts = 3517650.38. Hoch = 5461109.21.

Probe:

Ausgangsstellung:

$H_l = H_r = 7650.38000000$, $E_l = 4.287530$ (durch erneuten Tafelaufschlag nachprüfen!): $E_r = 0.090792$ (ebenfalls nachprüfen!), $U = 1109.21$. Schaltung „II Div". U wird zunächst nach $x_1 = 1037.60$ gekurbelt, wobei in H_l $y_1 = 7343.34997670$ (Soll 7343.37) erscheint. Hierauf U nach $x_2 = 1487.14$, in H_r steht $y_2 = 7616.06697944$ (Soll 7616.07).

Rückwärtsschnitt



Gegeben: Rechts Hoch

A: y = 3516910.47 x = 5461842.44 (Schönfeld)
M: 17308.64 61652.14 (Turm)
B: 16917.25 61089.53 (Kirche)

$y_A - y_M = -398.17$ $x_A - x_M = +190.30$
$y_B - y_M = -391.39$ $x_B - x_M = -562.61$
$y_B - y_A = +6.78$ $x_A - x_B = +752.91$

Gemessen:

Winkel im Neupunkt zwischen A und M:

$\alpha = 79.1253^g$, ctg $\alpha = +0.340179$

Winkel im Neupunkt zwischen M und B:

$\beta = 155.0034^g$, ctg $\beta = -1.170976$

Gesucht:

die Koordinaten y und x des Neupunktes P (Höhe)

Rechengang:

Berechnung des Richtungswinkels φ = (PM)

$$\operatorname{tg}\varphi = \frac{(y_A - y_M)\cdot \operatorname{ctg}\alpha + (y_B - y_M)\cdot \operatorname{ctg}\beta + (x_A - x_B)}{(x_A - x_M)\cdot \operatorname{ctg}\alpha + (x_B - y_M)\cdot \operatorname{ctg}\beta + (y_B - y_A)} =$$

$$\frac{-398.17\cdot 0.340179 + (-391.39)\cdot(-1.170976) + 752.91}{+190.30\cdot 0.340179 + (-562.61)\ (-1.170976) + 6.78} = 1.473011 : \varphi = 62.0313^g .$$

Berechnung des Neupunktes P als Vorwärtsschnitt:

Die günstigste Form ist der Schnitt von A (Schönfeld) = (1) und M (Turm) = (2) aus

$\varphi_1 = (PA) = \varphi - \alpha = 62.0313^g - 79.1253^g = 382.9060^g$, tg $\varphi_1 = -0.275157$.

$\varphi_2 = (PM) = \varphi = 62.0313^g$, tg $\varphi_2 = +1.473011$ (s. oben)

H H <——U——> E <—U—> E

$y = y_1 + (x_2 - x_1)\cdot \operatorname{tg}\varphi_1 + (x - x_2)\cdot \operatorname{tg}\varphi_1$ } linke
$y = 6910.47000000 + (1652.14 - 1842.44)\cdot(-0.275157) + (x - 1652.14)\cdot(-0.275157)$ } Ma.

$y = y_2 + (x - x_2)\cdot \operatorname{tg}\varphi_2$ } rechte
$y = 7308.64000000 + (x - 1652.14)\cdot 1.473011$ } Ma.

Ergebnis: Neupunkt **Höhe:** y (Rechts) = **3517017.26** x (Hoch) = **5461454.33**

Probe:

Prüfung des 3. Strahles (im vorstehenden Falle PB).

Richtungswinkel (PB) = $\varphi + \beta = 62.0313^g + 155.0034^g = 217.0347^g$, tg (PB) = 0.274155

$y + (x_B - x)\cdot \operatorname{tg}(PB) = y_B$
$7017.26000000 + (1089.53 - 1454.33)\cdot 0.274155 = y_B$ } linke oder rechte Maschine

Rückwärtsschnitt

Maschinenrechnerische Auswertung

Zunächst werden im Formular durch Kopfrechnung die Koordinatenunterschiede
$y_A - y_M = -398.17$, $x_A - x_M = +190.30$, $y_B - y_M = -391.39$, $x_B - x_M = -562.61$,
$y_B - y_A = +6.78$ und $x_A - x_B = +752.91$ gebildet.

Es folgt nun die Berechnung des Quotienten.

$$\operatorname{tg}\varphi = \frac{-398.17\cdot 0.340179 + 391.39\cdot 1.170976 + 752.91}{+190.30\cdot 0.340179 + 562.61\cdot 1.170976 + 6.78} = \frac{1075.76922421}{730.31887106} = 1.473011$$

Zähler = linke Maschine, Nenner = rechte Maschine. Daher $E_l = 398.17$, $E_r = 190.30$
U = 0.000000 $H_l = H_r = 0.00000000$. Hebel „II Mult" (weil Produkt in linker Maschine = — Produkt in rechter Maschine = +) U wird von 0.000000 auf 0.340179 gekurbelt. Zwischenergebnis $H_l = 99864.55092757$, $H_r = 64.73606370$ (nicht aufschreiben). $E_l = 391.39$, $E_r = 562.61$ Hebel „I Mult" (weil beide Produkte = +). U löschen und auf 1.170976 kurbeln. Zwischenergebnis $H_l = 322.85922421$, $H_r = 723.53887106$ (nicht aufschreiben). $E_l = 752.91$, $E_r = 6.78$. Hebel „I Mult" (weil beide Zahlen = +). U auf 7. Stelle (Stelle vor Komma um 1 Einheit vorwärtskurbeln. Zwischenergebnis $H_l = 1075.76922421$, $H_r = 730.31887106$ (nicht aufschreiben). In E_l 730.32 einstellen, Hebel „II Mult" oder „I Div". Division auf linker Maschine. U, E_r, H_r löschen. H_l auf 99999.99983069 (Soll 0.00000000) kurbeln. In U tg $\varphi = 1.473011$ (aufschreiben). Nach Aufschlagen von $\varphi = 62.0313^g$ (Quadrant ergibt sich aus Skizze), Berechnung von $\varphi_1 = 382.9060^g$ und Aufschlagen von tg $\varphi_1 = -0.275157$ erhält die Maschine für den Vorwärtsschnitt folgende Ausgangsstellung: $H_l = 6910.47000000$, $H_r = 7308.64000000$, U = 1842.44, $E_l = 0.275157$, $E_r = 0.000000$, Hebel „II Mult" (weil tg $\varphi_1 = -$, tg $\varphi_2 = +$). U wird zunächst auf 1652.14 gekurbelt. Zwischenergebnis $H_l = 6962.83237710$ (nicht aufschreiben) In $E_r = 1.473011$ einstellen und bei unveränderter Hebelschaltung H_l und H_r gleichkurbeln.

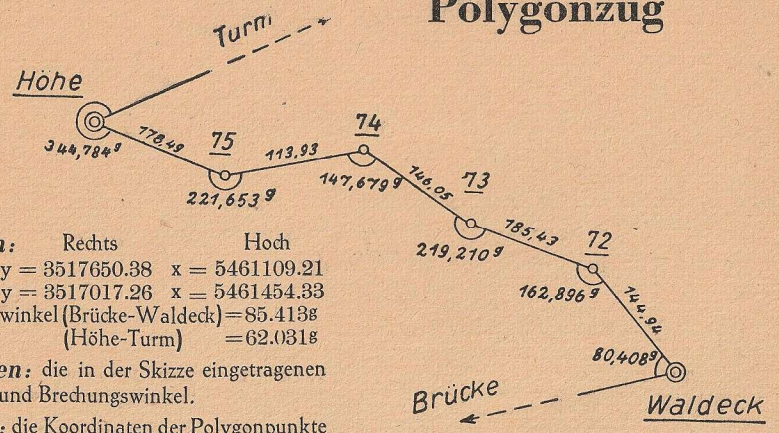
Ergebnis: $H_l = 7017.26118327$, $H_r = 7017.26369409$, U = 1454.33.

Neupunkt Höhe: y (Rechts) = 3517017.26 x (Hoch) = 5461454.33

Probe:

Soll die Probe z. B. auf der rechten Maschine durchgeführt werden, so bleiben $H_r = 7017.26369409$ und U = 1454.33 stehen. In $E_r = 0.274155$ einstellen. Rechter Hebel „Mult" (weil tg (PB) = +). H_l und E_l löschen. U wird auf $x_B = 1089.53$ gekurbelt. In H_r erscheint $y_B = 6917{,}25195009$ (Soll 6917.25).

Polygonzug



Gegeben: Rechts Hoch
Waldeck y = 3517650.38 x = 5461109.21
Höhe y = 3517017.26 x = 5461454.33
Richtungswinkel (Brücke-Waldeck) = 85.413g
(Höhe-Turm) = 62.031g

Gemessen: die in der Skizze eingetragenen Strecken und Brechungswinkel.

Gesucht: die Koordinaten der Polygonpunkte 72, 73, 74, 75.

Rechenformeln: β = Brechungswinkel $\quad \alpha_n = \alpha_{n-1} + \beta \pm 200^g$
α = Richtungswinkel $\quad y_n = y_{n-1} + s \cdot \sin\alpha$ linke Maschine
s = Strecke $\quad x_n = x_{n-1} + s \cdot \cos\alpha$ rechte Maschine

Formular

Punkt	Brechungswinkel β g	Richtungswinkel α g	Strecke s m	sin α	cos α	y (Rechts) m	x (Hoch) m	Punkt
Brücke								
	85.413	85.413						
	− 2							
Waldeck	80.408					17650.38	61109.21	Waldeck
		365.819	144.94	−0.51148	+0.85929			
	− 2					(6,25)	1)	
72	162.896					17576.27	61233.76	72
		328.713	185.43	−0.90000	+0.43588			
	− 2					(9,36)		
73	219.210					17409.41	61314.58	73
		347.921	146.05	−0.72982	+0.68364			
	− 2					(2.77)		
74	147.679					17302.85	61414.43	74
		295.598	113.93	−0.99761	−0.06909			
	− 2					(9,11)		
75	221.653					17189.21	61406.55	75
		317.249	178.49	−0.96352	+0.26764			
	− 2					(7.13)		
Höhe	344.784					17017.26	61454.33	Höhe
		62.031				fy = +0.13	fx = 0.00	
Turm	62.043		768.84					
Soll	62.031							
	f = −0.012							

1) Klammerzahlen sind die der Maschine entnommenen Koordinaten vor der Ausgleichung.

Polygonzug

Schaltregel

für Rechnung mit Absolutwerten in den 4 Quadranten des allgemeinen Koordinatensystems.

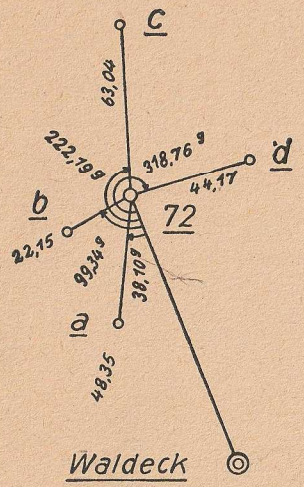
Richtungswinkel α beginnt mit	Quadrant			
	Gauß-Krüger I $\begin{pmatrix} y=+ \\ x=+ \end{pmatrix}$	II $\begin{pmatrix} y=+ \\ x=- \end{pmatrix}$	III $\begin{pmatrix} y=- \\ x=- \end{pmatrix}$	IV $\begin{pmatrix} y=- \\ x=+ \end{pmatrix}$
000 g	I Mult	II Div	I Div	II Mult
100 g	II Div	I Mult	II Mult	I Div
200 g	I Div	II Mult	I Mult	II Div
300 g	II Mult	I Div	II Div	I Mult

Maschinenrechnerische Auswertung

$E_l = \sin\alpha$	$E_r = \cos\alpha$	Hebel	U wird gekurbelt Drehsinn	von	bis	H_l = y (Rechts)	H_r = x (Hoch)	Punkt
						7650.3800000	1109.2100000	Waldeck
0.51148	0.85929	II Mult	vorw.	0.00	144.94			
						7576.2460888	1233.7554926	72
0.90000	0.43588	II Mult	vorw.	0.00	185.43			
						7409.3590888	1314.5807210	73
0.72982	0.68364	II Mult	vorw.	0.00	146.05			
						7302.7688778	1414.4263430	74
0.99761	0.06909	I Div	rückw.	0.00	113.93			
						7189.1111705	1406.5549193	75
0.96352	0.26764	II Mult	vorw.	0.00	178.49			
						7017.1324857	1454.3259829	Höhe

Die **Probe** kann in derselben Weise wie die Hauptrechnung durchgeführt werden. Hierbei ist jedoch zur Entnahme von sin α und cos α die Verwendung einer anderen Funktionstafel zu empfehlen, um die Wiederholung evtl. Aufschlagfehler zu vermeiden.

Polarpunkte (Schnittpunkte)



Gegeben:

P_o = 72 : y (Rechts) = 3517576.27 x (Hoch) = 5461233.76

Richtungswinkel (72-Waldeck) = α_o = 165.82^g

Gemessen:

die in der Skizze eingetragenen Strecken s und Winkel β

Gesucht: die Koordinaten der Polarpunkte a, b, c, d.

Rechenformeln:

$\alpha = \alpha_o + \beta$

s = Strecke (Schnittseite)

α = Richtungswinkel der Strecke

$y = y_o + s \cdot \sin \alpha$ (linke Maschine)

$x = x_o + s \cdot \cos \alpha$ (rechte Maschine)

Formular

Orientierungspunkt / Schnittpunkt	Gemessener Winkel β g	Orientierungs-Richtung α_o / Richtungswinkel α	Strecke s m	sin α	cos α	Rechts y m	Hoch x m
		g	Standpunkt 72 (P_o)			7576.27	1233.76
Waldeck		165.82					
a	38.10	203.92	48.35	— 0.06154	— 0.99810	7573.29	1185.50
b	99.34	265.16	22.15	— 0.85395	— 0.52035	7557.36	1222.23
c	222.19	388.01	63.04	— 0.18723	+ 0.98232	7564.47	1295.69
d	318.76	84.58	44.17	+ 0.97081	+ 0.23986	7619.15	1244.35

Polarpunkte (Schnittpunkte)

Schaltregel

für Rechnung mit Absolutwerten in den 4 Quadranten des allgemeinen Koordinatensystems

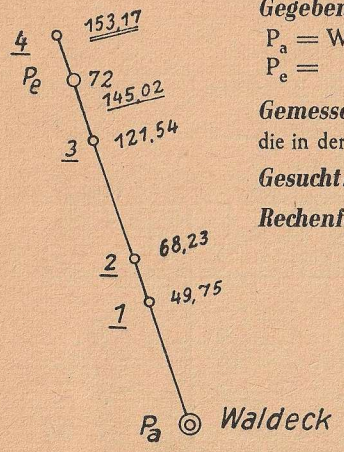
Richtungswinkel α beginnt mit	Quadrant			
	Gauß-Krüger I (y = +, x = +)	II (y = +, x = −)	III (y = −, x = −)	IV (y = −, x = +)
000 g	I Mult	II Div	I Div	II Mult
100 g	II Div	I Mult	II Mult	I Div
200 g	I Div	II Mult	I Mult	II Div
300 g	II Mult	I Div	II Div	I Mult

Maschinenrechnerische Auswertung

E_l sin α	E_r cos α	Hebel	U wird gekurbelt: Drehsinn	von	bis	H_l = y (Rechts)	H_r = x (Hoch)	Punkt
						7576.2700000	1233,7600000	72 P_o
0.06154	0.99810	I Div	rückw.	0.00	48.35	7573.2945410	1185.5018650	a
0.06154	0.99810	I Div	vorw.	48.35	0.00	7576.2700000	1233.7600000	72
0.85395	0.52035	I Div	rückw.	0.00	22.15	7557.3550075	1222.2342475	b
0.85395	0.52035	I Div	vorw.	22.15	0.00	7576.2700000	1233.7600000	72
0.18723	0.98232	II Mult	vorw.	0.00	63.04	7564.4670208	1295.6854528	c
0.18723	0.98232	II Mult	rückw.	63.04	0.00	7576.2700000	1233.7600000	72
0.97081	0.23986	I Mult	vorw.	0.00	44.17	7619.1506777	1244.3546162	d

Die **Probe** kann in derselben Weise wie die Hauptrechnung durchgeführt werden. Hierbei ist jedoch zur Entnahme von sin α und cos α die Verwendung einer anderen Funktionstafel zu empfehlen, um die Wiederholung evtl. Aufschlagfehler zu vermeiden.

Bindepunkte (Kleinpunkte auf der Messungslinie)



Gegeben:

P_a = Waldeck : y (Rechts) = 3517650.38 x (Hoch) = 5461109.21

P_e = 72 : 17576.27 61233.76

Gemessen:

die in der Skizze eingetragenen fortlaufenden Messungsstrecken.

Gesucht: die Koordinaten der Kleinpunkte 1, 2, 3, 4.

Rechenformeln:

$$S^2 = (y_e - y_a)^2 + (x_e - x_a)^2 \quad , d = S - s = \frac{1}{2}\left(\frac{S^2}{s} - s\right)$$

$$o = \frac{y_e - y_a}{s} \qquad a = \frac{x_e - x_a}{s}$$

$y_n = y_a + o \cdot s_n$ (linke Maschine) $\qquad x_n = x_a + a \cdot s_n$ (rechte Maschine)

Schaltregel

für Rechnung mit Absolutwerten in den 4 Quadranten des allgemeinen Koordinatensystems

$P_a \longrightarrow P_e$ (absolut)		Hebelschaltung
y	x	
steigt	steigt	I Mult
steigt	fällt	II Div
fällt	steigt	II Mult
fällt	fällt	I Div

Während der eigentlichen Koordinatenrechnung wird die Hebelschaltung nicht geändert.

Formular				Maschinenrechnerische Auswertung				
				U wird gekurbelt				
Strecke s	y (Rechts)	x (Hoch)	Punkt	Drehsinn	von	bis	H_l = y (Rechts)	H_r = x (Hoch)
m	m	m						
0.00	7650.38	1109.21	Waldeck (Pa)				7650.3800000	1109.2100000
49.75	7624.96	1151.94	1	vorw.	0.00	49.75	7624.9562575	1151.9377875
68.23	7615.51	1167.81	2	vorw.	49.75	68.23	7615.5124231	1167.8093355
121.54	7588.27	1213.59	3	vorw.	68.23	121.54	7588.2694138	1213.5946290
153.17	7572.11	1240.76	4	vorw.	121.54	153.17	7572.1055349	1240.7600545
145.02	7576.27	1233.76	72 (P_e)	rückw.	153.17	145.02	7576.2704294	1233.7604270
d = −0.09	− 74.11	+124.55						
	= $y_e - y_a$	= $x_e - x_a$						
	o = −0.51103	a = +0.85885						

Probe: Da H_l und H_r am Schluße die Sollkoordinaten des Endpunktes 72 anzeigen, ist die Rechnung in Ordnung. Es könnten nur noch Abschreibfehler und Fehler beim Einkurbeln der laufenden Strecken möglich sein. Ist auf die Vermeidung solcher Fehler nicht besonders geachtet worden, so ist ein nochmaliges Einkurbeln der Strecken nach den Urzahlen und ein Vergleich der in H_l und H_r stehenden Werte mit dem Formular zu empfehlen.

Bindepunkte (Kleinpunkte auf der Messungslinie)

Maschinenrechnerische Auswertung

Nach Eintrag der gegebenen Werte im Formular, werden $y_e - y_a = -74.11$ und $x_e - x_a = +124.55$ gebildet. In der rechten Maschine rechnet man nun $74.11^2 + 124.55^2 = 21004.9946 = S^2$. Diese Zahl bleibt in H_r stehen. In E_r kommt s = 145.02 = **gemessene** Strecke. Bei Hebel auf „Div" wird H_r auf 0.2978 (Soll 0.0000) gekurbelt. In U steht $\frac{S^2}{s} = 144.84$. Daher $d = \frac{1}{2}(144.84 - 145.02) = -0.09$.

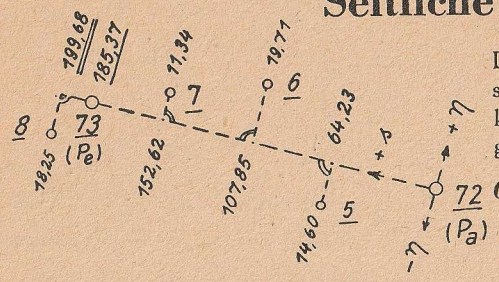
Zur Berechnung von o und a bleibt s = 145.02 in E_r stehen, alles andere ist zu löschen. Wird nun bei Hebel „Mult" H_r auf 74.1095706 (Soll 74,11) und dann ohne Löschung weiter auf 124.5504270 (Soll 124.55) gekurbelt, so erscheinen in U nacheinander o = 0.51103 und a = 0.85885. Bei der Koordinatenberechnung ist durch Hebelschaltung zu berücksichtigen, daß $o = \frac{y_e - y_a}{s} =$ negativ ist (siehe Schaltregel).

Für die **Koordinatenberechnung** erhält die Maschine folgende **Ausgangsstellung:**

$H_l = 7650.3800000$, $H_r = 1109.2100000$, $E_l = 0.51103$, $E_r = 0.85885$, U = 0.00

Schaltung „II Mult" (s. Schaltregel, y fällt, x steigt). Zur Probe wird zunächst U auf s = 145.02 gekurbelt. In H_l und H_r stehen die Sollkoordinaten des Endpunktes 72 als Beweis für die Richtigkeit der bisherigen Rechnung und für die Ausgangsstellung der Maschine. Hierauf werden der Reihe nach die laufenden Strecken in U eingekurbelt, wobei jeweils in H_l und H_r die zugehörigen Koordinaten erscheinen.

Seitliche Kleinpunkte



Dieses Beispiel kann, sofern man die Werte s und $\Delta\eta$ direkt vom Handriß in die Maschine kurbelt, ohne jegliche Zwischenaufschreibung gerechnet werden.

Gegeben: $P_a = 72$: y (Rechts) = 3517576.27
x (Hoch) = 5461233.76
$P_e = 73$: y (Rechts) = 3517409.41
x (Hoch) = 5461314.58

Gemessen: die Aufnahmemaße der Skizze

Gesucht: die Koordinaten der Kleinpunkte 5, 6, 7, 8

Rechenformeln:

$$S^2 = (y_e - y_a)^2 + (x_e - x_a)^2$$

$$d = S - s = \frac{1}{2}\left(\frac{S^2}{s} - s\right)$$

$$o = \frac{y_e - y_a}{s} \qquad a = \frac{x_e - x_a}{s}$$

$$y_n = y_{n-1} + o \cdot \Delta s + a \cdot \Delta\eta$$

$$x_n = x_{n-1} + a \cdot \Delta s - o \cdot \Delta\eta$$

Schaltregel

für alle Quadranten des Koordinatensystems bei Rechnung mit Absolutwerten.

$P_a \longrightarrow P_e$ (absolut)		Hebelschaltung
y	x	
steigt	steigt	I Mult
steigt	fällt	II Div
fällt	steigt	II Mult
fällt	fällt	I Div

Während der eigentlichen Koordinatenrechnung wird die Hebelschaltung nicht geändert.

Reihenfolge der Schlittenstellung:
1. Schlitten Mitte
2. Schlitten rechts (H_l unter E_r)
3. Schlitten links (H_r unter E_l)

Bei Rechnung mit Absolutwerten:

Schlitten rechts:
Vorwärtskurbelung,
wenn von den 3 Werten y, a u. $\Delta\eta$ keiner oder 2 Werte negativ sind.
Rückwärtskurbelung,
wenn von den 3 Werten y, a u. $\Delta\eta$ einer oder alle 3 Werte negativ sind.

Schlitten links:
immer entgegengesetzte Drehweise wie unmittelbar vorher b. Schlitten rechts.

Strecke S_n	$\Delta\eta$	y (Rechts)	x (Hoch)	Punkt
m	m	m	m	
0.00		7576.27	1233.76	72 (P_a)
	−14.60			
64.23		7512.09	1248.62	5
	+34.31			
107.85		7487.78	1298.52	6
	− 8.37			
152.62		7443.83	1310.51	7
	−29.59			
199.68		7388.57	1304.39	8
	+18.25			
185.37		7409.41	1314.58	73 (P_e)
d = +0.04	+52.56	− 166.86	+ 80.82	
	−52.56	= $y_e - y_a$	= $x_e - x_a$	
		o = − 0.90015	a = + 0.43599	

Probe: siehe Bindepunkte

Seitliche Kleinpunkte

Maschinenrechnerische Auswertung

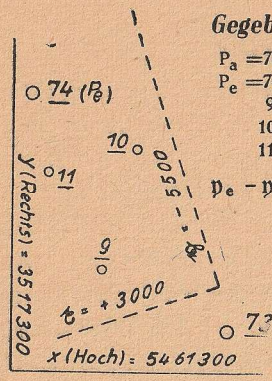
Im Formular werden, wie bei der Bindepunktberechnung, die Ausgangswerte y_a, x_a, y_e, x_e sowie die fortlaufend gemessenen Strecken s_n und die Unterschiede $\Delta\eta$ der Rechtwinkelmaße eingetragen. Nach Bildung der Werte $y_e - y_a = -166.86$ und $x_e - x_a = +80.82$ rechnet man auf der rechten Maschine bei Hebel „Mult" $166.86^2 + 80.82^2 = 34374.1320 = S^2$, das in H_r steht. Nach E_r kommt s = 185.37. U = 0.00. Bei Hebel „Div" wird nun H_r nach 999999999.1192 (Soll 0.0000) gekurbelt, in U steht 185.44. Daher $d = \frac{1}{2}(185.44 - 185.37) = 0.04$. Zur Berechnung von o und a bleibt s = 185.37 in E_r stehen, alles andere ist zu löschen. Kurbelt man bei Hebel „Mult" zunächst H_r auf 166.8608055 (Soll 166.86) und dann ohne Löschung weiter auf 80.8194663 (Soll 80.82), so erscheinen in U nacheinander o = 0.90015 und a = 0.43599 (o ist eigentlich negativ, wird durch Hebelschaltung berücksichtigt).

Für die **Koordinatenrechnung** gibt man der Maschine folgende **Ausgangsstellung:** $H_l = 7576.2700000$, $H_r = 1233.7600000$, $E_l = 0.90015$, $E_r = 0.43599$, U = 0.00, Hebe „II Mult" (y fällt, x steigt, siehe Schaltregel),

Stellung des Schlittens	U wird gekurbelt: Drehsinn	um	von	bis	H_l = y (Rechts)	H_r = x (Hoch)	Punkt
					7576.2700000	1233.7600000	72
Mitte	vorwärts	3)	0.00	64.23	(7518.4533655	1261.7636377) 4)	
rechts	rückwärts 1)	14.60	(64.23	49.63)	(7512.0879115	1261 7636377)	
links	vorwärts	14.60	(49.63	64.23)	7512.0879115	1248.6214477	5
Mitte	vorwärts		64.23	107.85	(7472.8233685	1267.6393515)	
rechts	vorwärts 2)	34.31	(107.85	142.16)	(7487.7821854	1267.6393515)	
links	rückwärts	34.31	(142.16	107.85)	7487.7821854	1298.5234780	6
Mitte	vorwärts		107.85	152.62	(7447.4824699	1318.0427503)	
rechts	rückwärts	8.37	(152.62	144.25)	(7443.8332336	1318 0427503)	
links	vorwärts	8.37	(144.25	152 62)	7443.8332336	1310.5084948	7
Mitte	vorwärts		152.62	199.68	(7401.4721746	1331.0261842)	
rechts	rückwärts	29.59	(199.68	170.09)	(7388.5712305	1331.0261842)	
links	vorwärts	29.59	(170 09	199.68)	7388.5712305	1304.3907457	8
Mitte	rückwärts		199.68	185.37	(7401.4523770	1298.1517288)	
rechts	vorwärts	18.25	(185.37	203.62)	(7409.4091945	1298.1517288)	
links	rückwärts	18.25	(203.62	185.37)	7409.4091945	1314.5794663	73

1) rückwärts, weil y = +, a = +, $\Delta\eta$ = −, d. h. 1 negativer Wert
2) vorwärts, weil y = +, a = +, $\Delta\eta$ = +, d. h. kein negativer Wert
3) 14.60 im Kopfe mitzählen, weil 64.23 überdeckt wird
4) Die in Klammer gesetzten Werte sind nicht abzulesen, sie sollen hier nur den Rechengang klarstellen

Koordinaten-Umformung (allgemeiner Fall)



Gegeben:

	altes System (y x)		neues System (y x)	
P_a = 73	y = − 5504.47	x = + 2976.83	y(R) = 3517409.41	x(H) = 5461314.58
P_e = 74	− 5580.23	+ 3101 69	17302.85	61414.43
9	− 5552 93	+ 3015.76	?	?
10	− 5531.98	+ 3069.76	?	?
11	− 5575.76	+ 3068.34	?	?

$y_e - y_a = -75.76$ $x_e - x_a = +124.86$ $y_e - y_a = -106.56$ $x_e - x_a = +99.85$

Aufgabe: Die Punkte 9, 10 und 11 sind mit Hilfe der identischen Punkte 73 und 74 in das Gauß-Krüger-System umzuformen.

Rechenformeln:

$$\left.\begin{aligned} \mathfrak{S}^2 &= (y_e - y_a)^2 + (x_e - x_a)^2 = 75.76^2 + 124.86^2 = 21330,\ \mathfrak{S} = 146.05 \\ S^2 &= (y_e - y_a)^2 + (x_e - x_a)^2 = 106.56^2 + 99.85^2 = 21325,\ S = 146.03 \end{aligned}\right\} d = \mathfrak{S} - S = +0.02$$

$$o = \frac{(x_e - x_a)(y_e - y_a) - (y_e - y_a)(x_e - x_a)}{\mathfrak{S}^2} = \frac{124.86 \cdot (-106.56) - (-75.76) \cdot 99.85}{21330} =$$

$$- \frac{124.86 \cdot 106.56 - 75.76 \cdot 99.85}{21330} = -0.26913$$

$$a = \frac{(y_e - y_a)(y_e - y_a) + (x_e - x_a)(x_e - x_a)}{\mathfrak{S}^2} = \frac{-75.76 \cdot (-106.56) + 124.86 \cdot 99.85}{21330} = +0.96297$$

$y_n = y_{n-1} + o \cdot \Delta x + a \cdot \Delta y$ $\qquad$ $x_n = x_{n-1} + a \cdot \Delta x - o \cdot \Delta y$

Schaltregel
für alle Quadranten bei Rechnung mit absoluten Zahlenwerten.

o	a	y = + / x = + / x = +	− / − / −	+ / + / −	− / − / +	+ / − / +	− / + / −	+ / − / −	− / + / +
+	+	I Mult		I Div		II Div		II Mult	
−	−	I Div		I Mult		II Mult		II Div	
−	+	II Mult		II Div		I Div		I Mult	
+	−	II Div		II Mult		I Mult		I Div	

Reihenfolge der Schlittenstellung:
1. Mitte
2. rechts
3. links

Bei **Schlitten rechts:** Kurbelung $\frac{\text{vorwärts}}{\text{rückwärts}}$, wenn von der 3 Werten a Δy und y $\frac{\text{keiner oder 2}}{\text{einer oder alle 3}}$ negativ sind.

Bei **Schlitten links:** immer entgegengesetzte Kurbelung wie unmittelbar vorher bei Schlitten rechts.

Während der eigentlichen Koordinatenrechnung bleibt die Hebelschaltung unverändert.

y	x	y	x	Punkt
− 5504.47	+ 2976 83	7409.41	1314.58	73 (P_a)
− 48.46				
− 5552.93	+ 3015.76	7352.27	1339.03	9
+ 20.95				
− 5531.98	+ 3069.76	7357.91	1396.67	10
− 43.78				
− 5575.76	+ 3068.34	7316.13	1383.52	11
− 4.47				
− 5580.23	+ 3101.69	7302.85	1414.43	74 (P_e)
+ 20.95	+ 124.86	− 106.56	+ 99.85	
− 96.71	$= x_e - x_a$	$= y_e - y_a$	$= x_e - x_a$	
$y_e - y_a = -75.76$				

Koordinaten-Umformung (allgemeiner Fall)

Maschinenrechnerische Auswertung

Nach Eintrag der gegebenen Koordinaten im Formular bildet man $y_e - y_a = -75.76$, $x_e - x_a = +124.86$, $y_e - y_a = -106.56$ und $x_e - x_a = +99.85$. Es folgt die Berechnung von $\mathfrak{S}^2 = 21330$, $S^2 = 21325$, $\mathfrak{S} = 146.05$, $S = 146.03$ und $d = +0.02$.

Zur Ermittlung der Umformungskonstanten o (linke Maschine) und a (rechte Maschine) stellt man ein: $E_l = 124.86 : E_r = 75\ 76$. Bei Schaltung „I Mult" wird U von 0.000 auf 106.560 gekurbelt. Die Zwischenergebnisse $H_l = 13305.08160$ und $H_r = 8072.98560$ sind ohne Interesse. U wird gelöscht und bei Schaltung „I Div" und „Schlitten rechts" von 0.000 auf 99.850 gekurbelt. Hierauf wird bei unveränderter Schaltung und „Schlitten links" U wieder auf 0.000 zurückgedreht. Ergebnis $H_l = 5740.44560$, $H_r = 20540.25660$ (nicht notieren). Zur Division werden $E_l = E_r = 21330$ und U = 0.00000 eingestellt, Hebelschaltung „I Div". H_l wird auf 99999999.90270 (Soll 0.00000) und hierauf H_r auf 0.10650 (Soll 0.00000) gekurbelt. In U erscheint zuerst o = 0.26913, dann a = 0.96297. Daß o negativ wird, ist aus der Formel ersichtlich.

Für die eigentliche Koordinatenrechnung erhält die Maschine folgende **Ausgangsstellung:** $H_l = 7409.4100000$, $H_r = 1314.5800000$, U = 2976.83, $E_l = 0.26913$, $E_r = 0.96297$, Schaltung „II Mult" (weil o = −, a = +, y = +, x = +, x = +, s. Schaltregel). Der weitere Rechengang ist aus der Tabelle ersichtlich.

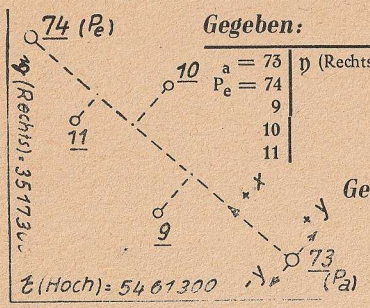
Stellung des Schlittens	U wird gekurbelt: Drehsinn	um	von	bis	H_l = y (Rechts)	H_r = x (Hoch)	Punkt
					7409.4100000	1314.5800000	73
Mitte		4)	2976.83	3015.76	(7398.9327691	1352.0684221) 1)	
rechts	rückwärts 2)	48.46	(3015.76	2967.30)	(7352.2672429	1352.0684221)	
links	vorwärts	48.46	(2967.30	3015.76)	7352.2672429	1339.0263823	9
Mitte			3015.76	3069.76	(7357.7342229	1391 0267625)	
rechts	vorwärts 3)	20.95	(3069.76	3090.71)	(7357.9084444	1391.0267625)	
links	rückwärts	20.95	(3090.71	3069.76)	7357.9084444	1396.6650358	10
Mitte			3069.76	3068.34	(7358.2906090	1395.2976184)	
rechts	rückwärts	43.78	(3068.34	3024.56)	(7316.1317824	1395 2976184)	
links	vorwärts	43.78	(3024.56	3068.34)	7316.1317824	1383.5151070	11
Mitte			3068.34	3101.69	(7307.1562969	1415.6301565)	
rechts	rückwärts	4.47	(3101.69	3097.22)	(7302 8518210	1415.6301565)	
links	vorwärts	4.47	(3097.22	3101.69)	7302.8518210	1414.4271454	74

1) Die kleinen Klammerzahlen sollen nur den Rechnungsverlauf deutlich machen.
2) rückwärts, weil Δy negativ ist, a und y aber positiv sind.
3) vorwärts, weil a, Δy und y positiv sind.
4) 48.46 wird im Kopfe mitgezählt, weil 3015.76 überdeckt wird.

Probe: In entsprechender Weise wie bei der Kleinpunktberechnung.

Ergebnis

Koordinaten-Umformung (auf eine Standlinie)



Gegeben:

	altes System (y x)		neues System (y x)	
	y (Rechts) =	x (Hoch) =	y =	x =
a = 73	3517409.41	5461314.58	0.00	0.00
P_e = 74	17302.85	61414.43	0.00	146.05
9	17352.27	61339.03	?	?
10	17357.91	61396.67	?	?
11	17316.13	61383.52	?	?

Gesucht:

die auf die Standlinie 73-74 = P_a P_e umgeformten Koordinaten mit der gegebenen Länge S = x_e = 146.05 der Standlinie.

Die Rechnung unterscheidet sich vom allgemeinen Fall (vorhergehende Aufgabe) nur durch die Umformungskonstanten

$$o = -\frac{y_e - y_a}{\mathfrak{S}^2} \cdot x_e = -\frac{-106.56}{21325} \cdot 146.05 = +0.72981$$

$$a = \frac{x_e - x_a}{\mathfrak{S}^2} \cdot x_e = \frac{99.85}{21325} \cdot 146.05 = +0.68385$$

$$\mathfrak{S}^2 = (y_e - y_a)^2 + (x_e - x_a)^2 =$$
$$106.56^2 + 99.85^2 = 21325,\ \mathfrak{S} = 146.03,\ d = \mathfrak{S} - S =$$
$$146.03 - 146.05 = -0.02$$

Das neue System (y, x) der Standlinie darf man als im I. Quadranten befindlich betrachten, wenn, wie nebenstehend, die negativen y-Werte als dekatische Ergänzungen in H_l laufen. Für Rechnung mit Absolutwerten in den 4 Quadranten des alten Systems (y x) gilt dann folgende

Schaltregel

o	a	x = +	x = −
+	+	I. Mult.	I. Div.
−	−	I. Div.	I. Mult.
−	+	II. Mult.	II. Div.
+	−	II. Div.	II. Mult.

Reihenfolge der Schlittenstellung:
zuerst Mitte
hierauf rechts
hierauf links

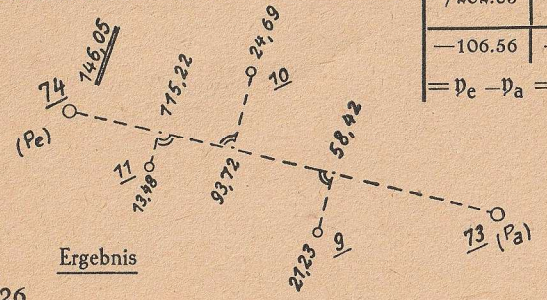
Bei **„Schlitten rechts“:** Vorwärtskurbelung, wenn a und Δy gleiche Vorzeichen haben.
Rückwärtskurbelung, wenn a und Δy ungleiche Vorzeichen haben.

Bei **„Schlitten links“:** immer entgegengesetzte Drehweise wie unmittelbar vorher bei »Schlitten rechts«

Koordinatenberechnung:

$$y_n = y_{n-1} + o \cdot \Delta x + a \cdot \Delta y$$
$$x_n = x_{n-1} + a \cdot \Delta x - o \cdot \Delta y$$

y	E	y	x	Punkt
7409,41	1314.58	0.00	0.00	73
−57.14				
7352.27	1339.03	−21.23	+58.42	9
+5.64				
7357.91	1396.67	+24.69	+93.72	10
−41.78				
7316.13	1383.52	−13.48	+115.22	11
−13.28				
7202.85	1414.43	0.00	+146.05	74
−106.56	+99.85			
$= y_e - y_a$	$= x_e - x_a$			



Ergebnis

Koordinaten-Umformung (auf eine Standlinie)

Maschinenrechnerische Auswertung.

Zunächst bildet man im Formular $y_e - y_a = -106.56$ und $x_e - x_a = +99.85$ und rechnet in üblichen Weise $\mathfrak{S}^2 = 106.56^2 + 99.85^2 = 21325$ $\mathfrak{S} = 146.03$

Zur Berechnung von o und a erhält die Maschine folgende Stellung:

$E_l = 146.05$, $E_r = 21325$, $H_r = 0.0000000$, $U = 0.0000000$, $H_l = 0.0000000000$, Hebel „I. Mult.“ H_r wird auf 106.5610250 Soll (106.56) und dann gleich weiter auf 99.8500475 (Soll 99.85) gedreht. In H_l erscheint zunächst 0.729811850 (o = 0.72981) dann 0.683849915 (a = 0.68385)

Für die eigentliche Koordinatenrechnung erhält die Maschine folgende

Ausgangsstellung: $H_l = H_r = 0.0000000$, $U = 1314.58$, $E_l = 0.72981$, $E_r = 0.68385$

Schaltung „I Mult.“ (weil o = +, a = + und x = +, siehe Schaltregel).

Der weitere Rechengang ist aus der unten stehenden Tabelle ersichtlich.

Probe: Eine vollkommene Probe liefert die Rückrechnung der gewonnenen Standlinienkoordinaten in das Gauß-Krüger-System (s. Beispiel: Seitliche Kleinpunkte).

Stellung des Schlittens	U wird gekurbelt				$H_l = y$	$H_r = x$	Punkt
	Drehsinn	um	von	bis			
					0.0000000	0.0000000	73
Mitte		4)	1314.58	1339.03	(17.8438545	16.7201325) 1)	
rechts	rückwärts 2)	57.14	(1339.03	1281.89)	(999978.7686655	16.7201325)	
links	vorwärts	57.14	(1281.89	1339.03)	999978.7686655	58.4214759	9
Mitte			1339.03	1396.67	(20.8349139	97.8385899)	
rechts	vorwärts 3)	5.64	(1396.67	1402.31)	(24.6918279	97.8385899)	
links	rückwärts	5.64	(1402.31	1396.67)	24.6918279	93.7224615	10
Mitte			1396.67	1383.52	(15.0948264	84.7298340)	
rechts	rückwärts	41.78	(1383.52	1341.74)	(999986.5235734	84.7298340)	
links	vorwärts	41.78	(1341.74	1383.52)	999986.5235734	115.2212958	11
Mitte			1383.52	1414.43	(9.0820005	136.3590993)	
rechts	rückwärts	13.28	(1414.43	1401.15)	(0.0004725	136.3590993)	
links	vorwärts	13.28	(1401.15	1414.43)	0.0004725	146.0509761	74

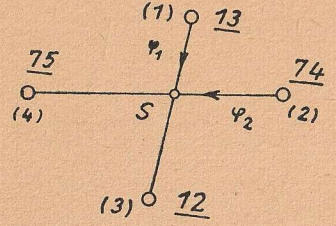
1) Die kleinen Klammerzahlen sind nicht abzulesen.

2) rückwärts, weil a und Δy ungleiche Vorzeichen (a = + Δy = −)

3) vorwärts, weil a und Δy gleiche Vorzeichen (a = + Δy = +

4) 47.15 im Kopfe mitzählen, weil 1339.03 überdeckt wird.

Linienschnitt (Geradenschnitt)



		y (Rechts)	x (Hoch)
Gegeben:	12 (3) :	3517247.36	5461374.91
	13 (1) :	7262.19	1448.70
	74 (2) :	7302.85	1414.43
	75 (4) :	7189.21	1406.55

$y_3 - y_1 = -14.83 \quad x_3 - x_1 = -73.79$

$y_4 - y_2 = -113.64 \quad x_4 - x_2 = -7.88$

Gesucht: die Koordinaten y und x des Schnittpunktes S der Geraden 1—3 mit der Geraden 2—4

$$\operatorname{tg}\varphi_1 = \frac{y_3 - y_1}{x_3 - x_1} = \frac{-14.83}{-73.79} = +0.20098 \qquad \operatorname{tg}\varphi_2 = \frac{y_4 - y_2}{x_4 - x_2} = \frac{-113.64}{-7.88} = +14.42132$$

Rechenformeln:

H H <——U——> E <—U—> E

$y = y_1 + (x_2 - x_1) \cdot \operatorname{tg}\varphi_1 + (x - x_2) \cdot \operatorname{tg}\varphi_1$ linke

$y = 7262.1900000 + (1414.43 - 1448.70) \cdot 0.20098 + (x - 1414.43) \cdot 0.20098$ Maschine

$y = y_2 + (x - x_2) \cdot \operatorname{tg}\varphi_2$ rechte

$y = 7302.8500000 + (x - 1414.43) \cdot 14.42132$ Maschine

Schaltregel für alle Quadranten des allgemeinen Koordinatensystems bei Rechnung mit Absolutwerten.

$\operatorname{tg}\varphi_1$	$\operatorname{tg}\varphi_2$	Die Punkte liegen im Quadranten			
		Gauß-Krüger I (y=+ x=+)	II (y=+ x=−)	III (y=− x=−)	IV (y=− x=+)
+	+	I Mult	I Div	I Mult	I Div
+	−	II Div	II Mult	II Div	II Mult
−	+	II Mult	II Div	II Mult	II Div
−	−	I Div	I Mult	I Div	I Mult

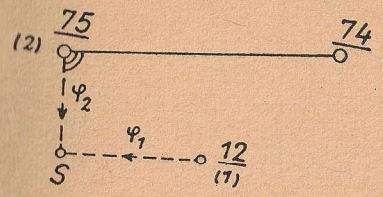
Maschinenrechnerische Auswertung:

Nachdem $\operatorname{tg}\varphi_1 = +0.20098$ und $\operatorname{tg}\varphi_2 = +14.42132$ auf übliche Weise gerechnet sind, erhält die Maschine folgende **Ausgangsstellung:**

$H_l = 7262.1900000$, $H_r = 7302.8500000$, $U = 1448.70$, $E_l = 0.20098$, $E_r = 0.00000$ Hebelschaltung „I Mult" (weil I. Quadrant und $\operatorname{tg}\varphi_1 = +$, $\operatorname{tg}\varphi_2 = +$, s. Schaltregel, Schaltung während des Rechenganges nicht ändern.) U wird auf 1414.43 gekurbelt. Zwischenergebnis in $H_l = 7255.3024154$ bleibt unbeachtet. In E_r wird 14.42132 eingestellt. H_l und H_r werden gleichgekurbelt. Ergebnis: $H_l = 7254.6311422$, $H_r = 7254.6827912$, $U = 1411.09$. Beibehalten wird das Ergebnis des langsamer laufenden H_l. Daher S : y (Rechts) = 3517254.63 x (Hoch) = 5461411.09. Wollte man die nach dem Gleichkurbeln noch übrigbleibende große Differenz von ca. 0.05 m zwischen H_l und H_r vermindern, so müßte man in U mit 3 und in H_l bezw. H_r mit je 8 Dezimalstellen rechnen. Das Endergebnis wäre jedoch dasselbe.

Probe: Bei unverändeter Hebelschaltung und ohne vorherige Löschung wird U zunächst auf $x_3 = 1374.91$ und dann weiter auf $x_4 = 1406.55$ gekurbelt, wobei zuerst in $H_l = 7247.3596858$ (Soll $7247.36 = y_3$) und dann in $H_r = 7189.2099984$ (Soll $7189.21 = y_4$) erscheint. Damit ist nachgewiesen, daß der Schnittpunkt S sowohl auf der Geraden 13—12 als auch auf der Geraden 74—75 liegt.

Linienschnitt (Geradenschnitt)



		y (Rechts)	x (Hoch)
Gegeben:	12 (1)	3517247.36	5461374.91
	74	7302.85	1414.43
	75 (2)	7189.21	1406.55

$y_{75} - y_{74} = -113.64 \quad x_{75} - x_{74} = -7.88$

Gesucht: die Koordinaten y und x des Schnittpunktes S, den die durch 12 gelegte Parallele zu 74–75 mit der in 75 errichteten Senkrechten bildet.

$$\operatorname{tg}\varphi_1 = \frac{y_{75} - y_{74}}{x_{75} - x_{74}} = \frac{-113.64}{-7.88} = +14.42132, \quad \operatorname{tg}\varphi_2 = -\frac{1}{\operatorname{tg}\varphi_1} = -\frac{-7.88}{-113.64} = -0.06934$$

Rechenformeln:

H H <——U——> E <—U—> E

$y = y_1 + (x_2 - x_1) \cdot \operatorname{tg}\varphi_1 + (x - x_2) \cdot \operatorname{tg}\varphi_1$ linke

$y = 7247.3600000 + (1406.55 - 1374.91) \cdot 14.42132 + (x - 1406.55) \cdot 14.42132$ Maschine

$y = y_2 + (x - x_2) \cdot \operatorname{tg}\varphi_2$ rechte

$y = 7189.2100000 + (x - 1406.55) \cdot (-0.06934)$ Maschine

Schaltregel
wie beim gewöhnlichen Linienschnitt.

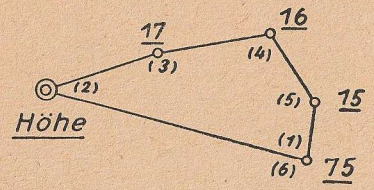
Machinenrechnerische Auswertung:

Nach Berechnung von $\operatorname{tg}\varphi_1 = +14.42132$ und $\operatorname{tg}\varphi_2 = -0.06934$ erhält die Maschine folgende **Ausgangsstellung:** $H_l = 7247.3600000$, $H_r = 7189.2100000$, $U = 1374.91$, $E_l = 14.42132$, $E_r = 0.00000$, Hebelschaltung „II Div" (weil Figur im I. Quadranten liegt, und $\operatorname{tg}\varphi_1 = +$, $\operatorname{tg}\varphi_2 = -$, s. Schaltregel). U wird auf 1406.55 gekurbelt. Zwischenergebnis in $H_l = 7703.6505648$ bleibt unbeachtet. In E_r wird 0.06934 eingestellt. H_l und H_r werden gleichgekurbelt. Ergebnis: $H_l = 7191.6937048$, $H_r = 7191.6715700$, $U = 1371.05$. Der genauere Wert steht im langsamer laufenden H_r. Daher Schnittpunkt S : y (Rechts) = 3517191.67 x (Hoch) = 5461371.05.

Probe; Zur Prüfung, ob 12–S parallel zu 74—75 ist (linke Machine), bringt man mit den entsprechenden Einstellrädchen H_l auf $y_{75} = 7189.2100000$ und U auf $x_{75} = 1406.55$. Im übrigen bleibt die Maschine unverändert. Wird nun U auf $x_{74} = 1414.43$ gekurbelt, so erscheint in $H_l = 7302.8500016$ (Soll $y_{74} = 7302.85$) als Beweis für die Parallelität.

Die **Prüfung des Rechtwinkels** kann auf der rechten Maschine nach der Gleichung $x_{75} + (y_{74} - y_{75}) \; (-\operatorname{tg}\varphi_2) = x_{74}$ durchgeführt werden. Mit den Einstellrädchen bringt man H_r auf $x_{75} = 1406.5500000$ und U auf $y_{75} = 7189.21$. $E_r = 0.06934$ bleibt stehen. U wird auf Gegenlauf geschaltet, d. h. im vorliegenden Falle wird der rechte Hebel von „Div" auf „Mult" umgestellt, weil in der Kontrollformel $-\operatorname{tg}\varphi_2$ steht, während die Hauptrechnung mit $+\operatorname{tg}\varphi_2$ arbeitete. Wird nun U auf $y_{74} = 7302.85$ gekurbelt, so steht in $H_r = 1414.4297976$ (Soll $x_{74} = 1414.43$). Damit ist auch der rechte Winkel in 75 geprüft.

Flächenrechnung



		y (Rechts)	x (Hoch)
Gegeben:	(1) 75 :	3517189.21	5461406.55
	(2) Höhe:	17017.26	61454.33
	(3) 17 :	17078.43	61473.20
	(4) 16 :	17165.89	61491.67
	(5) 15 :	17194.32	61450.42
	(6) 75 :	17189.21	61406.55

Gesucht: die Fläche des Fünfecks, die ohne Zwischennotierung direkt aus dem Koordinatenverzeichnis entwickelt wird.

Die Flächen-Trapezformeln lassen sich für ein Fünfeck folgendermaßen aufspalten:

1. Rechengang

$$
\begin{aligned}
2\,F = \quad & x_1\,(y_2 - y_1) && + x_2\,(y_2 - y_1)\\
+ \; & x_3\,(y_3 - y_2) && + x_2\,(y_3 - y_2)\\
+ \; & x_3\,(y_4 - y_3) && + x_4\,(y_4 - y_3)\\
+ \; & x_5\,(y_5 - y_4) && + x_4\,(y_5 - y_4)\\
+ \; & x_5\,(y_6 - y_5) && + x_6\,(y_6 - y_5)\\
& E_l \text{ <—U—>} && E_r \text{ <—U—>}
\end{aligned}
$$

linke Maschine — rechte Maschine

$E_l = x_1$,	$E_r = x_2$,	U läuft von	y_1 bis y_2
$E_l = x_3$,	$E_r = x_2$,	U läuft von	y_2 bis y_3
$E_l = x_3$,	$E_r = x_4$,	U läuft von	y_3 bis y_4
$E_l = x_5$,	$E_r = x_4$,	U läuft von	y_4 bis y_5
$E_l = x_5$,	$E_r = x_6$,	U läuft von	y_5 bis y_6

Ergebnis: $H_l + H_r = 2\,F$

2. Rechengang

$$
\begin{aligned}
2\,F = \quad & y_5\,(x_5 - x_6) && + y_6\,(x_5 - x_6)\\
+ \; & y_5\,(x_4 - x_5) && + y_4\,(x_4 - x_5)\\
+ \; & y_3\,(x_3 - x_4) && + y_4\,(x_3 - x_4)\\
+ \; & y_3\,(x_2 - x_3) && + y_2\,(x_2 - x_3)\\
+ \; & y_1\,(x_1 - x_2) && + y_2\,(x_1 - x_2)\\
& E_l \text{ <—U—>} && E_r \text{ <—U—>}
\end{aligned}
$$

linke Maschine — rechte Maschine

$E_l = y_5$,	$E_r = y_6$,	U läuft von x_6	nach x_5
$E_l = y_5$,	$E_r = y_4$,	U läuft von x_5	nach x_4
$E_l = y_3$,	$E_r = y_4$,	U läuft von x_4	nach x_3
$E_l = y_3$,	$E_r = y_2$,	U läuft von x_3	nach x_2
$E_l = y_1$,	$E_r = y_2$,	U läuft von x_2	nach x_1

Ergebnis: $H_l + H_r = 2\,F$

Werden, wie es im folgenden Zahlenbeispiel der Fall ist, nach Beendigung des 1. Rechenganges H_l und H_r nicht gelöscht, so steht am Schlusse des 2. Rechenganges die doppelte Fläche sowohl in H_l als auch in H_r.

Merkregel:

1. Ins linke E-W. (E_l)kommen nur Punkte mit ungerader Nummer
   Ins rechte E-W. (E_r) kommen nur Punkte mit gerader Nummer
2. U wird immer bis zu demjenigen Punkt gekurbelt, der unmittelbar vorher in E eingestellt wurde und daher im Koordinatenverzeichnis auf derselben Linie steht (Lineal anlegen).

Flächenrechnung

Maschinenrechnerische Auswertung:

1. Rechengang:

Ausgangsstellung der Maschine: $U = y_1 = 189.21$. Alle andere Werke sind leer. Hebelschaltung „I Mult".

E_l	E_r	U läuft von	U läuft bis	Zwischenergebnisse H_l	Zwischenergebnisse H_r
$x_1 = 6.55$	$x_2 = 54.33$	$y_1 = 189.21$	$y_2 = 17.26$	999998873.7275	999990657.9565
$x_3 = 73.20$	$x_2 = 54.33$	$y_2 = 17.26$	$y_3 = 78.43$	3351.3715	999993981.3226
$x_3 = 73.20$	$x_4 = 91.67$	$y_3 = 78.43$	$y_4 = 165.89$	9753.4435	1998.7808
$x_5 = 50.42$	$x_4 = 91.67$	$y_4 = 165.89$	$y_5 = 194.32$	11186.8841	4604.9589
$x_5 = 50.42$	$x_6 = 6.55$	$y_5 = 194.32$	$y_6 = 189.21$	10929.2379	4571.4884

Will man sich mit einer einfachen Rechnung begnügen, so folgt der doppelte Flächeninhalt durch Addition der beiden Hauptzählwerke

$$2\,F = 10929.2379 + 4571.4884 = 15500.7263$$

Da jedoch meist sofort die Kontrolle gewünscht wird, folgt anschließend der 2. Rechengang.

2. Rechengaeg:

Ausgangsstellung der Maschine: H_l und H_r bleiben stehen. E_l und E_r werden gelöscht. In U $x_6 = 6.55$. Hebelschaltung „I Mult".

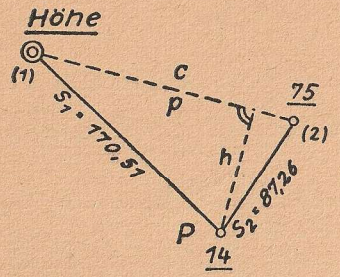
E_l	E_r	U läuft von	U läuft bis	Zwischenergebnisse H_l	Zwischenergebnisse H_r
		vom 1. Rechengang:		10929.2379	4571.4884
$y_5 = 194.32$	$y_6 = 189.21$	$y_6 = 6.55$	$y_5 = 50.42$	19454.0563	12872.1311
$y_5 = 194.31$	$y_4 = 165.89$	$y_5 = 50.42$	$y_4 = 91.67$	27469.7563	19715.0936
$y_3 = 78.43$	$y_4 = 165.89$	$y_4 = 91.67$	$y_3 = 73.20$	26021.1542	16651.1053
$y_3 = 78.43$	$y_2 = 17.26$	$y_3 = 73.20$	$y_2 = 54.33$	24541.1801	16325.4091
$y_1 = 189.21$	$y_2 = 17.26$	$y_2 = 54.33$	$y_1 = 6.55$	15500.7263	15500.7263

In H_l und H_r steht übereinstimmend $2\,F = 15500.7263$, daher $F = 7750.4$ qm.

Hätte man nach Beendigung des 1. Rechenganges H_l und H_r gelöscht, so würden am Schluße des 2. Rechenganges $H_l = 4571.4884$ und $H_r = 10929.2379$ erscheinen, deren Summe ebenfalls $2\,F = 15500.7263$ ergibt.

Der 2. Rechengang, der im obigen Beispiel bei Hebelschaltung „I Mult" im Koordinatenverzeichnis von unten nach oben läuft, kann auch bei Hebelschaltung „I Div" von oben nach unten durchgeführt werden.

Bogenschnitt (Einkreuzen)



Wähle die Bezeichnungen P_1 und P_2 so, daß der Neupunkt P beim Blick von P_1 nach P_2 rechts liegt.

p = Projektion der Strecke $s_1 = P_1 P$.

Gegebene Koordinaten

	y (Rechts)	x (Hoch)
P_1 = Höhe:	3517017.26	5461454.33
P_2 =	75	61406.55
	17189.21	
	$y_2 - y_1 = +171.95$	$x_2 - x_1 = -47.78$

Gemessene Strecken

$s_1 = 170.51$

$s_2 = 87.26$

Gesucht: die Koordinaten y und x des Schnittpunktes P = 14.

Rechenformeln:

$$① \; c = \sqrt{(y_2 - y_1)^2 + (x_2 - x_1)^2} \qquad ② \; p = \frac{c^2 + s_1^2 - s_2^2}{2c}$$

$$③ \; h = \sqrt{s_1^2 - p^2} = \sqrt{s_2^2 - (c-p)^2} \qquad ④ \; o = \frac{y_2 - y_1}{c}, \; a = \frac{x_2 - x_1}{c}$$

$$⑤ \; y = y_1 + o \cdot p + a \cdot h, \; x = x_1 + a \cdot p - o \cdot h$$

Maschinenrechnerische Auswertung:

① In der rechten Maschine wird $(y_2 - y_1)^2 + (x_2 - x_1)^2 = 171.95^2 + 47.78^2 = 31849.7309$ gerechnet. Wurzelziehen mit Quadrattafel ergibt c = 178.465 (aufschreiben).

② $c^2 = 31849.7309$ steht noch in H_r. Hinzu kommt $s_1^2 = 170.51^2$ und $-s_2^2 = -87.26^2$. Das Minuszeichen wird durch Hebelumschaltung auf Div. berücksichtigt. In H_r steht jetzt $c^2 + s_1^2 - s_2^2 = 53309.0834$. In E_r wird 2c = 356.93 eingestellt, U gelöscht. Bei Hebel „Div." wird H_r auf 1.5879 (Soll 0.0000) gekurbelt In U steht p = 149.35 (aufschreiben)

③ In H_l wird $h^2 = s_1^2 - p^2 = 170.51^2 - 149.35^2 = 6768.2376$ gebildet, im H_r: $h^2 = s_2^2 - (c-p)^2 = 87.26^2 - 29.12^2 = 6766.3332$ (letzteres ist der genauere Wert). Hieraus h = 82.26 aufschreiben).

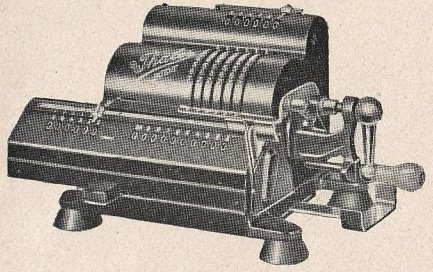
④ In E_r: c = 178.465. Die anderen Werke sind leer. Bei Hebel „Mult." wird H_r zunächst auf 171.94924285 (Soll $y_2 - y_1 = 171.95$), dann auf 47.78043445 (Soll $x_2 - x_1 = 47.78$ gekurbelt. In U erscheinen nacheinander 0.96349 und 0.26773 (o = +0.96349, a = −0.26773, aufschreiben)

⑤ Ausgangsstellung für die Koordinatenberechnung: $H_l = y_1 = 7017.2600000$; $H_r = x_1 = 1454.3300000$; $E_l = o = 0.96349$: $E_r = a = 0.26773$ (Minuszeichen durch Hebelschaltung berücksichtigt.) U = 0.00 Schaltung „II Div." U wird von 0.00 auf p = 149.35 gekurbelt. (Zwischenergebnis $H_l = 7161.1572315$ und $H_r = 1414.3445245$ ohne Interesse). U löschen. Bei „Schlitten rechts" wird nun U auf h = 82.26 gekurbelt und hierauf bei „Schlitten links" wieder auf 0.00 zürückgedreht. Ergebnis $H_l = y = 7139.1337617$; $H_r = x = 1335.0878371$.

Neupunkt P = 14: y (R) = 3517139.13 x (H) = 5461335.09

Probe: (Berechnung von s_1 und s_2 aus Koordinaten): Bilde $y\text{-}y_1 = +121.87$ und $x\text{-}x_1 = -119.24$. In H_r wird bei Hebel „Mult" $121.87^2 + 119.24^2 = 29070.4745$ gebildet. Nach E_r kommt $s_1 = 170.51$ U = 0.00 Bei Hebel „Div" wird H_r auf 0.2246 (Soll 0.0000) gekurbelt. In U steht 170.49. Daher $s_1 = \frac{1}{2}(170.49 + 170.51) = 170.50$ (Soll 170.51)

Entsprechende Rechnung für s_2: $y\text{-}y_2 = -50.08$; $x - x_2 = -71.46$ und $50.08^2 + 71.46^2 = 7614.5380$ (steht in H_r). Nach $E_r = 87.26$. H_r wird bei Hebel „Div." auf 0.2304 (Soll 0.0000) gekurbelt. In U steht 87.26 (Soll 87.26)



MODELL **MEZ**

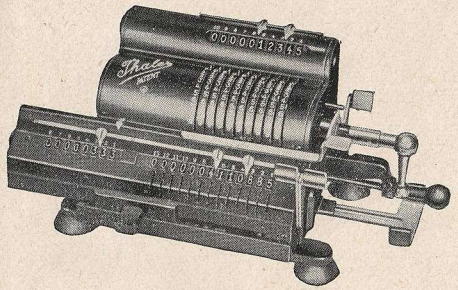
mit Einhandbedienung

Kapazität 6×6×10

Durchgehende Zehnerübertragung in allen Werken

Momentlöschung aller Einstellhebel

Momentlöschung des Zähl- und Resultatwerkes mit einem Handgriff



MODELL **CER**

mit Einhandbedienung

Kapazität 10×8×13

Mit mechanischer Rückübertragung

aller errechneten Werte aus dem Resultatwerk in das Einstell- und Anzeigewerk, wobei das Resultat- und Zählwerk gleichzeitig automatisch gelöscht werden.

Durchgehende Zehnerübertragung in allen Werken

Momentlöschung aller Einstellhebel

Momentlöschung des Zähl- und Resultatwerkes mit einem Handgriff