

Zeitschrift: Mensuration, photogrammétrie, génie rural
Herausgeber: Schweizerischer Verein für Vermessung und Kulturtechnik (SVVK) =
Société suisse des mensurations et améliorations foncières (SSMAF))
Band: 73-M (1975)
Heft: 4

Artikel: Untersuchungen an elektro-optischen Kurzdistanzmessern
Autor: Rüeger, J.M. / Siegerist, C. / Stähli, W.
DOI: <https://doi.org/10.5169/seals-227929>

Nutzungsbedingungen

Die ETH-Bibliothek ist die Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften. Sie besitzt keine Urheberrechte an den Zeitschriften und ist nicht verantwortlich für deren Inhalte. Die Rechte liegen in der Regel bei den Herausgebern beziehungsweise den externen Rechteinhabern. [Siehe Rechtliche Hinweise.](#)

Conditions d'utilisation

L'ETH Library est le fournisseur des revues numérisées. Elle ne détient aucun droit d'auteur sur les revues et n'est pas responsable de leur contenu. En règle générale, les droits sont détenus par les éditeurs ou les détenteurs de droits externes. [Voir Informations légales.](#)

Terms of use

The ETH Library is the provider of the digitised journals. It does not own any copyrights to the journals and is not responsible for their content. The rights usually lie with the publishers or the external rights holders. [See Legal notice.](#)

Download PDF: 06.02.2025

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

Untersuchungen an elektro-optischen Kurzdistanzmessern

J. M. Rüeger, Chr. Siegerist, W. Stähli

Résumé

En plus de la détermination des constantes d'addition de deux appareils de mesure électro-optiques de distances d'acquisition récente, Kern DM 500 et Wild DI 3, on examine quelques unes de leurs propriétés: corrections non périodiques dépendantes de la distance, erreur cyclique, influence du pointé, influence de la tension et du signal reçu, fréquence et précision. Certains essais ont été effectués également avec deux Wild DI 10 et un AGA Geodimeter 6 BL.

1. Einleitung

Mit der Anschaffung von drei neuen Kurzdistanzmessern (DI 3, DM 500, ME 3000) durch das Institut für Geodäsie und Photogrammetrie der ETHZ im Frühjahr 1974, ergab sich die Möglichkeit einer eingehenderen Überprüfung der Instrumente. In einzelnen Versuchen wurden auch andere Geräte des Institutes (2 DI 10, Geodimeter 6 BL) einbezogen.

Durch die Untersuchungen sollten einerseits Eichwerte für den praktischen Gebrauch gewonnen, andererseits aber auch Erfahrungen über das Verhalten auf verschiedene Einflüsse hin ermittelt werden. Unsere Versuche sollen zudem die von der ETH Lausanne im Jahre 1973 ausgeführten Messungen [1] ergänzen.

Die Arbeiten standen unter der Oberaufsicht von Professor F. Chaperon. An den Messungen wirkten folgende Dame und Herren des Institutes mit: K. Sedlar, Chr. Just,

J. M. Rüeger, W. Schneibel, Chr. Siegerist, W. Stähli, W. Wattenhofer sowie als Gast G. Laubi. Die Feldarbeiten fielen vorwiegend in die Monate Mai bis August, wenige aber auch in November bis Dezember 1974 und März 1975.

Es wurden die nachfolgend aufgeführten Instrumente eingesetzt:

AGA Geodimeter 6 BL Nr. 63009 (1972), Kern DM 500 Nr. 216542 (1974) mit DKM 2-AE Nr. 196424, Wild DI 3 Nr. 20582/30582 (1974) mit T1AE Nr. 176812, Wild DI 10 Nr. 10115/20115 (1968) und Wild DI 10 Nr. 10205/50205 (1969) mit T2 Nr. 131377. Das Mekometer ME 3000 stand leider die ganze Zeit über nicht zur Verfügung, da es kurz nach der Lieferung zur Justierung an die Lieferfirma zurückgegeben werden musste. Damit wurden zahlreiche geplante Versuche hinfällig. Ebenso musste auf andere vorgesehene Versuche aus Personal- und Zeitgründen verzichtet werden. Die ausgeführten Untersuchungen seien nun im einzelnen beschrieben.

2. Additionskonstanten

Die Eichwerte, welche von den Herstellerfirmen angegeben oder eingestellt werden, müssen überprüft werden. Einerseits wollen wir für den praktischen Gebrauch Additionskonstanten bestimmen, dann aber interessiert uns auch, wie stark sich diese Konstanten im Laufe der Zeit und während einer grösseren Messkampagne (Diplomvermessungskurs in Grindelwald) verändern. Die Messungen sind daher im April/Mai und im August 1974 durchgeführt worden.

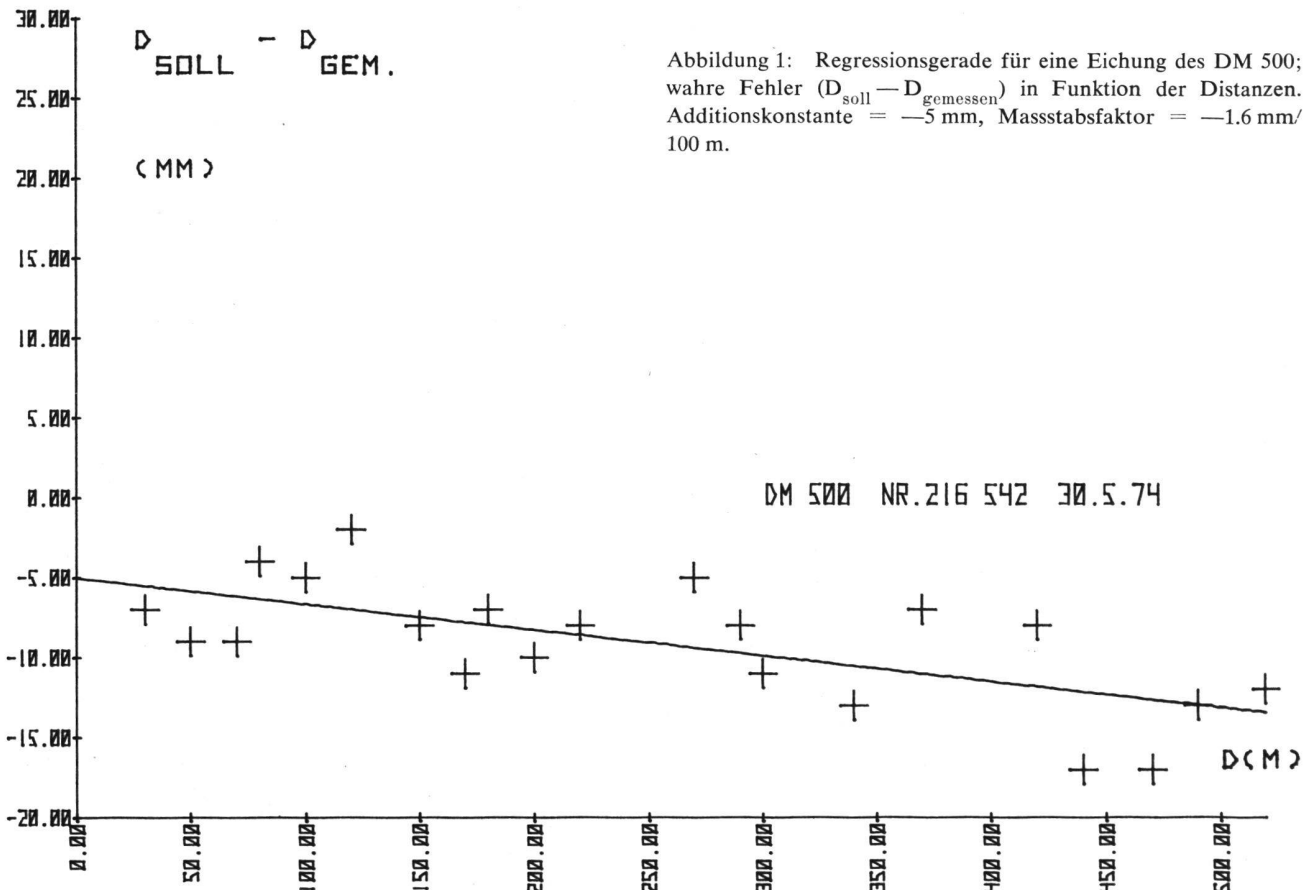


Abbildung 1: Regressionsgerade für eine Eichung des DM 500; wahre Fehler ($D_{soll} - D_{gemessen}$) in Funktion der Distanzen. Additionskonstante = -5 mm , Massstabsfaktor = $-1.6\text{ mm}/100\text{ m}$.

Die von den Firmen angegebenen Additionskonstanten sind in unseren Messungen berücksichtigt worden. Es werden also nur noch Restadditionskonstanten bestimmt, welche Null werden, falls die Werkangaben zutreffen.

2.1 Messanordnung und Berechnung

In Aarau ist uns die Eichstrecke der Firma Kern zur Verfügung gestanden, welche in [11] beschrieben ist. Sie besteht aus 7 Betonpfeilern in einer Geraden. Zwischen je 2 Pfeilern sind insgesamt 21 verschiedene Distanzen messbar. Berechnungsart 1: Die Additionskonstante wird nach der Methode von Schwendener bestimmt [12] mit dem Unterschied, dass keine zyklischen Fehleranteile auftreten, weil die Distanzen ganze Vielfache von 10 m sind. Die 21 Beobachtungen werden nach der vermittelnden Methode ausgeglichen. Unbekannte sind 6 Teilstrecken und die Additionskonstante, total 7 Unbekannte. Der Freiheitsgrad, das heisst die Überbestimmung ist demzufolge 14. Für die Berechnung steht ein Programm «Distanzmessereichung nach Schwendener» für den Tischcomputer HP 9810 zur Verfügung. Autor dieses Programms ist U. Bucher, Assistent am Institut für Geodäsie. Berechnungsart 2: Seit kurzer Zeit steht ein weiteres Rechenhilfsmittel zur Verfügung: ein Tischcomputer HP 9830 mit Plotter. Die Herstellerfirma liefert dazu unter anderem ein Programm «Polynomiale Regression» (Abb. 1). Den Distanzen auf der Abszisse werden die Differenzen Sollwert/Messwert aller 21 Strecken auf der Ordinate zugeordnet. Aus der ausgleichenden Geraden (Polynom ersten Grades) kann man die Additions- und Multiplikationskonstante herauslesen. Die Sollwerte für die beschriebene Eichstrecke sind aus Mekometer-Messungen bekannt. Berechnungsart 3: Die Additionskonstante a lässt sich auch aus jeder Beobachtung, $a_i = D_{\text{soll}} - D_{\text{gemessen}}$, rechnen. a ist dann das Mittel aller a_i . Den drei verschiedenen Bestimmungen der Additionskonstanten liegen verschiedene mathematische

Modelle zugrunde. Es wird deshalb nicht erwartet, dass die Berechnungen nach Schwendener, die ausgleichende Gerade und die einfache Mittelbildung gleiche Resultate ergeben. Grosse Differenzen werden aber im folgenden diskutiert werden. Hauptgewicht wird aber auf die Werte aus der Methode Schwendener gelegt, weil die Netz-anlage (Eichstrecke) diesem mathematischen Modell angepasst ist.

Höhenwinkel: Die Pfeilerköpfe liegen nicht alle auf gleicher Höhe. Dazu kommt, dass Instrumenten- und Reflektorenhöhen nicht bei allen Geräten gleich sind. Die Höhenwinkel sind gemessen und die Distanzen reduziert worden.

2.2 Resultate DM 500

Die Tabelle 1 gibt eine Übersicht über die erhaltenen Resultate:

1	2	3	4	5	6	7	8
11. 4. 74	-3.3	±2.6	±1.7	-3.2	+1.0	-0.4	±0.7
30. 5. 74	-6.4	±3.2	±1.5	-5.0	-1.6	-9.3	±0.8
21. 8. 74	-6.5	±1.5	±0.7	-5.9	-0.4	-6.7	±0.4

Tabelle 1: Eichung des DM 500 Nr. 216542

Kolonne 1: Datum, 2 bis 4: Berechnungsart 1, nach Schwendener (2: Additionskonstante in mm, 3: mittlerer Fehler einer Beobachtung, 4: mittlerer Fehler der Additionskonstanten), 5 und 6: Berechnungsart 2, Regressionsgerade (5: Additionskonstante in mm, 6: Multiplikationskonstante in mm/100 m), 7 und 8: Berechnungsart 3, Additionskonstante und ihr mittlerer Fehler in mm aus Mittelbildung von 21 unabhängigen Bestimmungen ($D_{\text{soll}} - D_{\text{gemessen}}$)

Die Additionskonstante beträgt -6.5 mm. Die Differenz von 3 mm zwischen 11.4 und 30.5 beziehungsweise 21.8 ist noch kleiner als ihr doppelter mittlerer Fehler. Differenz = 3.1 mm ± 2.3 beziehungsweise 3.2 ± 1.8 mm.

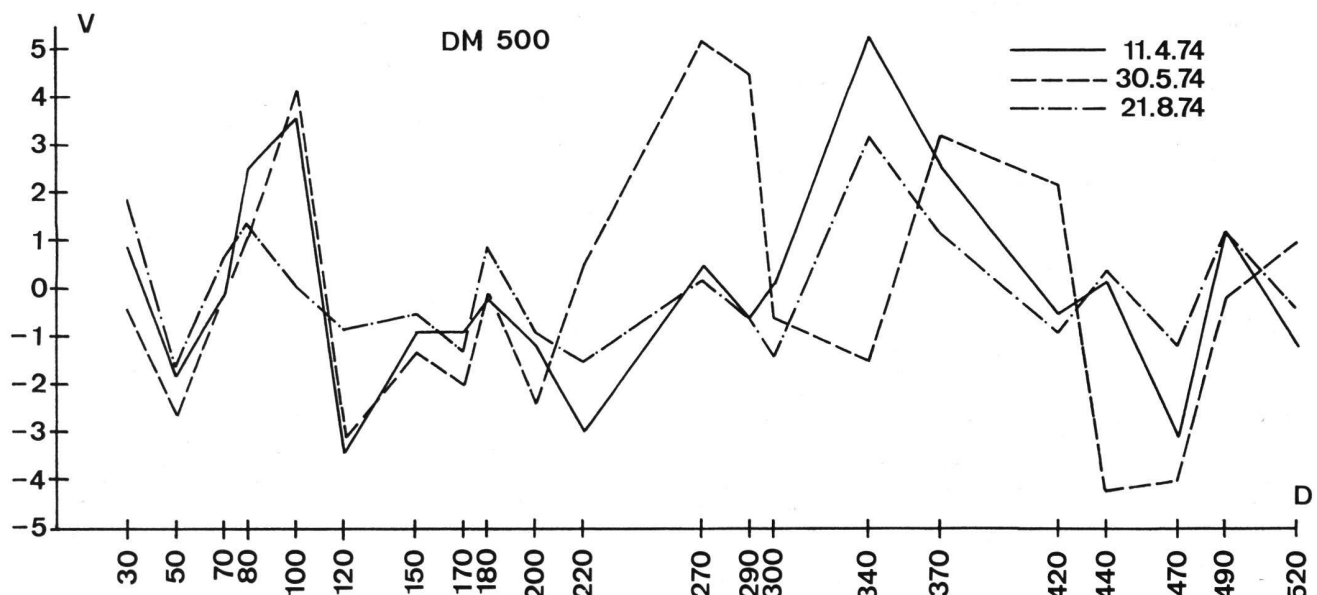


Abbildung 2: Aperiodische Korrekturen an Distanzmessungen mit dem DM 500. V sind die Verbesserungen in mm an der Ausgleichung «Berechnung der Additionskonstanten», D die gemessenen Distanzen in m.

Die Werte in Kolonne 7 weichen zum Teil stark von denen in Kolonne 2 und 5 ab. Besonders dort, wo die Multiplikationskonstanten gross sind, lassen sie sich mit den Werten aus Ausgleichungen nicht mehr vergleichen. Mehr Auskunft über eine eventuelle Distanzabhängigkeit der Additionskonstante gibt Kapitel 2.6.

Das Messverfahren: Für jede der 2 Ablesungen pro Distanz ist der Reflektor neu angezielt worden. Das Instrument haben wir vor der Eichmessung justiert beziehungsweise die Justierung kontrolliert. Vor jeder Messung ist auch die Intensität des Empfangssignales mit der Blende auf den immer gleichen Wert eingestellt worden: Mitte des grünen Bereiches. Für Distanzen grösser als etwa 450 m müssen 3 Reflektoren verwendet werden. Es deutet nichts darauf hin, dass die Verwendung einer verschiedenen Anzahl Reflektoren die Additionskonstante beeinflusst. Eine Messung über 500 m auf nur einen Reflektor hat einen 10-m-Fehler ergeben. Temperatur und Luftdruck sind bei jeder Distanzmessung gemessen und die entsprechenden Korrekturen an den Messungen angebracht worden.

Spezielle Vorkommnisse: Die Messungen vom 30. Mai 1974 haben Schwierigkeiten ergeben, indem der Zeiger des Galvanometers, welches die Intensität des Empfangssignales angibt, stark schwankte. Flimmernde, warme Luft entlang der Messstrecke dürfte die Ursache solcher Intensitätsschwankungen sein. Einzelne Distanzen sind daher 4- oder 5fach statt nur doppelt gemessen worden. Die Messungen vom 21. August 1974 verliefen in dieser Beziehung «ruhiger», was auch der m.F. der Additionskonstante (Kol. 3) zeigt.

Genauigkeiten: Die m.F. a posteriori entsprechen den Erwartungen: Die m_0 (m.F. einer Beobachtung) liegen zwischen ± 1.5 und ± 3.2 mm. Die eher kleinen Werte für m.F. in Kolonne 8 sind folgendermassen entstanden:

$$m_0 = \text{m.F. der einfach bestimmten } a_i$$

$$= \sqrt{\frac{vv}{21-1}} = \pm 1.9 \text{ bis } \pm 3.5 \text{ mm}$$

$$m_a = \frac{m_0}{\sqrt{21}} = \pm 0.4 \text{ bis } \pm 0.8 \text{ mm}$$

2.3 Resultate DI 3

Sie sind in der Tabelle 2 festgehalten:

1	2	3	4	5	6	7	8
30. 5. 74	-2.1	± 2.5	± 1.1	-2.2	-0.6	-3.8	± 0.6
20. 8. 74	-1.6	± 2.4	± 1.1	-2.2	-0.4	-3.3	± 0.5

Tabelle 2: Eichung des DI 3 Nr. 25097

Legende wie Tabelle 1

Die Additionskonstante ist gleich gross geblieben, gerundet = $-2 \text{ mm} \pm 1.1 \text{ mm}$. Messverfahren: Das Instrument ist vor der Eichmessung justiert worden. Jede Distanz ist zweimal gemessen worden. Zwischen den beiden Messungen hat man optisch neu angezielt. Für Distanzen über 340 m sind 3-Prismen-Reflektoren (GDR

11) verwendet worden, für kürzere Distanzen nur 1 Prisma (GDR 31).

Spezielle Vorkommnisse: Die Distanz von 30 m hat nicht korrekt gemessen werden können, vergleiche auch Kapitel 10. Es sind nur 20 Beobachtungen gemacht worden, was aber an der Bestimmung der Additionskonstanten fast nichts ändert. Einzig hat man im Programm «Distanzmessereichung nach Schwendener», weil dieses mit 21 Beobachtungen arbeitet, für die 30-m-Distanzen den Sollwert eingegeben. Die entsprechende Verbesserung ist so sehr klein geworden. Genauigkeiten: Der mittlere Fehler einer Beobachtung entspricht der Erwartung: er beträgt $\pm 2.5 \text{ mm}$.

2.4 Resultate DI 10

Die Resultate für beide Geräte sind in der Tabelle 3 zusammengefasst:

1	2	3	4	5	6	7	8
DI 10 Nr. 205							
12. 6. 74	-5.9	± 6.9	± 3.1			+0.8	± 1.6
12. 6. 74	-7.6	± 5.2	± 2.3			+1.8	± 1.6
DI 10 Nr. 115							
13. 6. 74	-11.1	± 3.7	± 1.7	-11.0	+0.2	+10.4	± 0.9
20. 8. 74	+ 3.1	± 6.1	± 2.7	+ 2.3	+1.4	+ 5.0	± 1.2

Tabelle 3: Eichung der beiden DI 10 Nr. 205 und Nr. 115
Legende wie Tabelle 1

Zwei Berechnungen mit Gerät Nr. 205 und Messungen vom 12. 6. 74: In der ersten Zeile aus Mitteln von vier Ablesungen für jede Distanz, in der zweiten Zeile aus jeweils der zweiten Ablesung, das heisst nach dem Nachstellen des Calibrierungswertes

Beim Gerät Nr. 115 ist auf Grund der Messung vom 13. Juni 1974 der Calibrierungswert geändert worden. Statt 0.02 wurde fortan 0.01 eingestellt. Die Additionskonstante hat sich auch hier nicht verändert. Das Gerät Nr. 205 wurde nur einmal geeicht, damit man seine Additionskonstante für den Feldeinsatz im Diplomkurs vom Sommer 1974 kannte. Dabei zeigte sich, dass der Cal-Wert nach jeder Ablesung nochmals nachgestellt werden musste, weil sich offenbar während einer Messung die Nullage des Ablesekreises leicht verschob. Am Gerät 205 wurde dieser Effekt genauer untersucht. Mit dem im folgenden beschriebenen Messverfahren prüften wir, ob sich die Messungen voneinander unterschieden, unter der Annahme einer Verschiebung der Nullage des Ablesekreises.

Messverfahren: 1. Messung: – Anzielung mit maximaler Intensität suchen – Start-Wert und Cal-Wert einstellen – 1. Ablesung – nur Cal-Wert nachstellen – 2. Ablesung, hier dauert die Messung weniger lang. 2. Messung: wie erste Messung. Das Überprüfen beziehungsweise Nachstellen des Cal-Wertes nach jeder Ablesung wird übrigens auch in der Bedienungsanleitung [3] empfohlen. Die Additionskonstante wurde daher einmal mit dem Mittel von je vier Distanzablesungen bestimmt. In einer zweiten Berechnung wurden jeweils nur die 2. Ablesungen einer Messung benützt, das heisst nur Messungen,

bei denen der durch den Hochlauf eventuell verschobene Ablesekreis nochmals nachgestellt worden war. Der Unterschied zwischen den beiden beschriebenen Bestimmungen der Additionskonstante liegt in der Größenordnung der zufälligen Fehler. Auch die Differenzen, 1. Ableseung minus 2. Ableseung, bei 42 Beobachtungen sind nicht signifikant verschieden von Null ($+4 \text{ mm} \pm 5 \text{ mm}$). Genauigkeit: Der m.F. einer Beobachtung liegt zwischen ± 4 und $\pm 7 \text{ mm}$, was den Werkangaben entspricht (Ableseungen auf 0.5 cm geschätzt).

2.5 AGA Geodimeter 6 BL

Ebenfalls für den Feldeinsatz wurde die Additionskonstante des Geodimeters überprüft. Die Beobachtungen müssen um den Wert -8 mm korrigiert werden. Jede Messung war eine 4-Phasen-Messung (Standardmethode). Der m.F. einer Beobachtung ergab $\pm 5 \text{ mm}$, derjenige an der Additionskonstante $\pm 2.2 \text{ mm}$. In den zwei Jahren seit der Lieferung hat sich somit die Additionskonstante um 8 mm verändert.

2.6 Distanzabhängigkeit der Additionskonstanten

Abbildung 1 gibt ein Beispiel einer Berechnung von Additionskonstanten a und Multiplikationskonstanten b mit dem Ansatz $D_{\text{soll}} = a + b \cdot D_{\text{gemessen}}$. Den 21 Distanzen zwischen 30 und 520 Metern wurden die wahren Fehler (soll - gemessen) zugeordnet. Die Koeffizienten der ausgleichenden Geraden sind Additions- und Multiplikationskonstante. Wie die Herren Aeschlimann und Stocker [7] ausführlich beschreiben, sind distanzproportionale Korrekturen nicht zweckmässig. Unsere Messungen zeigen dasselbe Ergebnis: Die Korrelationen zwischen Distanzkorrektur und Distanz für den linearen Ansatz sind schwach. Man vergleiche zum Beispiel auch die drei Bestimmungen der Multiplikationskonstante beim DM 500 in Tabelle 1. Es muss vielmehr nach peri-

odischen Korrekturen (vgl. Kap. 3) und aperiodischen Korrekturen gesucht werden. Dazu werden die aus der Ausgleichung nach Schwendener ermittelten Verbesserungen für gleiche Distanzen miteinander verglichen: siehe Abbildungen 2 und 3.

Resultate: Beim DM 500, für den drei Messreihen vorhanden sind, kann man auffallend gleiche Verbesserungen für Distanzen bis etwa 200 m beobachten. Beim DI 3 ist eine solche Systematik höchstens im Bereich von 180 bis 300 m zu vermuten. Allerdings müssten mehr als nur zwei Messreihen für eine sichere Aussage vorhanden sein.

Bei beiden Instrumenten liegen aber alle Verbesserungen zwischen -5 und $+5 \text{ mm}$. Der m.F. einer Beobachtung ist $\pm 3 \text{ mm}$. Das von den Herstellerfirmen angegebene Genauigkeitsmass von $\pm 5 \text{ mm}$ mittlerem Fehler an einer Beobachtung wird nicht überschritten. Der systematische Anteil der Verbesserungen ist mathematisch nicht erfassbar. Seine Ursache liegt in den Phaseninhomogenitäten (vgl. [7]).

Additionskonstanten bei sehr kurzen Distanzen: Messungen von sehr kurzen Distanzen haben weitere Information über die Additionskonstanten gegeben. Es wurden die Distanzen von 3.4 m , 4.1 m , 5.6 m , 6.8 m und 20.0 m gemessen, mit dem DM 500 auch eine solche von 1.7 m . Im Vergleich mit Sollwerten aus Basislattenmessungen resultierten die Additionskonstanten: -6.6 ± 1.1 Millimeter für den DM 500 und $-0.2 \pm 0.5 \text{ mm}$ für den DI 3. Beim DM 500 ist ein Wert mit mehr als 10 mm Abweichung gegenüber den andern noch nicht berücksichtigt worden. Mit diesem Wert wird die Additionskonstante $= -3.9 \pm 2.8 \text{ mm}$. Man kann sich diese grosse Abweichung auch mit Phaseninhomogenitäten erklären. Die Resultate entsprechen den früher besprochenen Werten. Die Additionskonstanten gelten also auch für ganz kurze Distanzen. (Fortsetzung folgt)

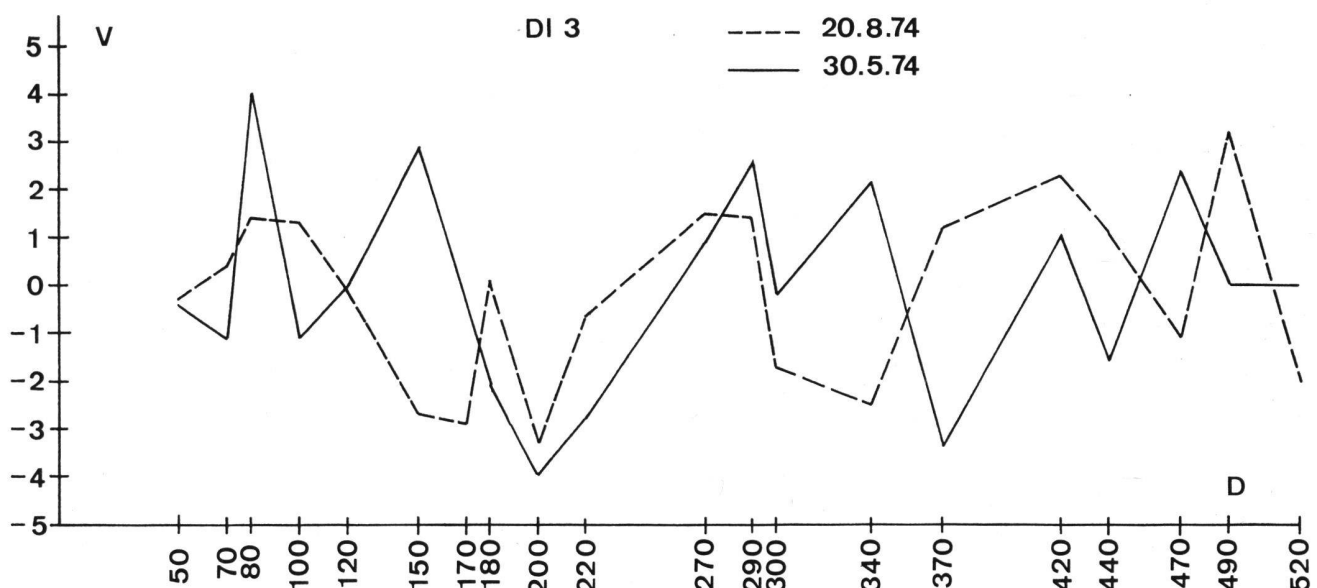


Abbildung 3: Aperiodische Korrekturen an Distanzmessungen mit dem DI 3. V sind die Verbesserungen in mm nach der Ausgleichung «Berechnung der Additionskonstanten», D die gemessenen Distanzen in m.