

ETLICHES UEBER STROMMESSUNG

VON

ROLF J. WITTING

Der Ausführung genauer Strommessungen stehen kaum mehr irgend welche von der inneren Konstruktion der Apparate herrührende Hindernisse im Wege. An einem festen Gegenstande aufgehängt, geben die Strommesser auf mässigen Tiefen Angaben, deren Genauigkeit nur von der Sorgfalt abhängt, mit der Friktionskonstante und Schlagkoeffizient untersucht worden sind, sowie von der Sicherheit, mit der die Richtung der Wasserbewegungen überhaupt bestimmbar ist. Das Aufhängen des Strommessers an dem beweglichen Arbeitsschiffe ist der schwache Punkt der Methode. Da ja die Eigenbewegungen des Schiffes nicht zu verhindern sind — hier wird nur das Schwingen, nicht etwaiges Rollen oder Stampfen beachtet — wird es unsere nächste Aufgabe sein, diese zu messen. Eine solche Massregel zu treffen, ist unbedingt nötig, wenn wir nicht oft ganz illusorische Resultate erhalten wollen. Der „Schiffsstrom“, der von der Bewegung des Schiffes erzeugte Strom, erreicht oft dieselbe Grössenordnung, wie der wirkliche Strom, und konstituiert somit in ungefähr gleicher Art wie dieser die observierten Zahlen. Die Genauigkeit, mit der wir die Angaben über den herrschenden Strom werden geben können, wird also im Allgemeinen ebenso gross oder geringer sein als die, mit welcher der weniger gut bestimmte der zwei Komponenten bekannt ist.

Um diese allgemeinen Erörterungen zu motivieren und den besprochenen Tatsachen eine etwas greifbarere Form zu geben, mag Folgendes angeführt werden.

Es gelten die Gleichungen

$$\left. \begin{aligned} s^2 &= f^2 + h^2 - 2fh \cos(FH) \\ \sin(HS) &= \frac{f}{s} \sin(FH) \end{aligned} \right\} \dots\dots\dots 1$$

wenn wir uns denken, dass sich das Schiff während eines Zeitabschnittes mit einer Geschwindigkeit von $f^{\text{cm/sec}}$ gegen den Azimut F° (von N durch E , S und W gegen N zurückgerechnet) bewegt, was also einem Schiffsstrom von $f^{\text{cm/sec}}$ aus F° entspricht, ferner dass der wirkliche Strom $s^{\text{cm/sec}}$ aus S° ist und der observierte $h^{\text{cm/sec}}$ aus H° .

Die Gleichungen drücken den Zusammenhang zwischen den verschiedenen Grössen aus und gestatten uns, den wirklichen Strom zu berechnen.

Eine Uebersicht über das gegenseitige Verhalten der Veränderungen der verschiedenen Quantitäten ergibt sich durch Differentiation. Wir differentieren, und zwar die erste der Gleichungen 1 und die Gleichung

$$h \sin (HS) = f \sin (SF) \dots \dots \dots 2$$

Ersetzen wir die Differentiale durch Veränderungen oder Fehler, besteht annähernd

$$\left. \begin{aligned} \Delta s &= \frac{h - f \cos (FH)}{s} \Delta h + \frac{f - h \cos (FH)}{s} \Delta f - \\ &\quad - \frac{fh}{s} \sin (FH) \sin 1^\circ \Delta (FH) \\ \Delta S &= \frac{\sin (HS)}{h \cos (HS) + f \cos (FS)} \frac{\Delta h}{\sin 1^\circ} - \\ &\quad - \frac{\sin (SF)}{h \cos (HS) + f \cos (FS)} \frac{\Delta f}{\sin 1^\circ} + \frac{h \cos (HS)}{h \cos (HS) + f \cos (FS)} \Delta H + \\ &\quad + \frac{f \cos (FS)}{h \cos (HS) + f \cos (FS)} \Delta F \end{aligned} \right\} 3$$

Da aber:

$$\left. \begin{aligned} h - f \cos (FH) &= s \cos (HS) \\ f - h \cos (FH) &= s \cos (SF) \\ h \cos (HS) + f \cos (FS) &= s \\ h \sin (FH) &= s \sin (SF) \end{aligned} \right\} \dots \dots \dots 4$$

erhalten wir die einfacheren

$$\left. \begin{aligned} \Delta s &= \cos (HS) \Delta h + \cos (SF) \Delta f + f \sin (SF) \sin 1^\circ \Delta (FH) \\ \Delta S &= \frac{\sin (HS)}{s \sin 1^\circ} \Delta h + \frac{\sin (SF)}{s \sin 1^\circ} \Delta f + \frac{h \cos (HS)}{s} \Delta H + \\ &\quad + \frac{f \cos (SF)}{s} \Delta F \end{aligned} \right\} 5$$

Wenn wir s und f als konstant ansehen und untersuchen wollen, wann die Koeffizienten in den Gleichungen 2 ihre höchsten resp. niedrigsten Werte erreichen, finden wir, dass dies der Fall ist

für $s > f$ bei $(SF) = 0^\circ; 90^\circ; 180^\circ; 270^\circ$ und $(FH) = 90^\circ; 270^\circ$

für $s = f$ bei $(SF) = 0^\circ; 90^\circ; 180^\circ; 270^\circ$

und für $s < f$ bei $(SF) = 0^\circ; 90^\circ; 180^\circ; 270^\circ$ und $(HS) = 90^\circ; 270^\circ$.

Ohne uns bei der Form aufzuhalten, welche die Ausdrücke 2 in den verschiedenen Fällen erhalten würden, wollen wir für einzelne fixe Verhältnisse zwischen der Grösse des wirklichen Stroms und der des Schiffsstroms innerhalb jeder der drei Kategorien untersuchen,

zwischen welchen Werten die Koeffizienten liegen würden. Wir wählen $s:f = 5:1$, $s:f = 1:1$ und $s:f = 1:2$, und erhalten als die Grenzen der Beträge, zwischen welchen die Koeffizienten in 5 schwanken werden, in

$$\Delta s = \dots\dots$$

für Δh		Δf	$\Delta (FH)$	bei $s:f$
0.98....	1	0.... 1	0.... 0.0035 s	5:1
0....	1	0.... 1	0.... 0.0175 s	1:1
0....	1	0.... 1	0.... 0.0350 s	1:2

und in $\Delta S = \dots\dots$

für Δh		Δf	ΔH	ΔF	bei $s:f$
0....	11.4/s	0.... 57.2/s	0.8.... 1.2	0.... 0.2	5:1
0....	57.2/s	0.... 57.2/s	0.... 2	0.... 1	1:1
0....	57.2/s	0.... 57.2/s	0.... 3	0.... 2	1:2

Wir nehmen ein konkretes Beispiel. Der wirkliche Strom sei 10 cm/sec . (FH) sei mit einem Fehler von 20° behaftet. Dieser Fehler wirkt in den hier erwähnten Fällen auf s mit höchstens 0.7 , 3.5 resp. 7 cm/sec . Ein Fehler um 10° in H wirkt wieder auf S mit höchstens resp. 12° , 20° und 30° , einer um 15° in F mit höchstens 3° , 15° oder 30° . Einem Fehler von 1 cm/sec in f kann bei schwachem Strome um zum Beispiel 5 cm/sec einer um 12° in S entsprechen.

Oder mehr im Allgemeinen gesprochen, wenn wir uns auch die Gleichungen 5 erinnern: Veränderungen oder Fehler in den Bestimmungen der Geschwindigkeit der Schiffsbewegung oder der observierten Stromgeschwindigkeiten wirken auf den Wert der gesuchten Stromgeschwindigkeit höchstens mit ihrem ganzen Belaufe, auf den Wert der Stromrichtung mit einem bei abnehmendem Strome zunehmenden Wert. Fehler in der observierten Stromrichtung oder in der gemessenen Richtung der Schiffsbewegungen wirken auf die gesuchte Stromgeschwindigkeit höchstens proportional mit der Geschwindigkeit des Schiffes. Wenn das Schiff nicht unbeweglich ist, wirkt ein Fehler in der observierten Stromrichtung auf die gesuchte im Maximum mit einem Belauf grösser als der Fehler selbst. Dieser Belauf wächst bei zunehmender Geschwindigkeit der Schiffsbewegung. In gleicher Weise wächst auch die Maximaleinwirkung eines Fehlers in der gefundenen Richtung des Schiffesstromes auf die gesuchte Stromrichtung ein; diese Wirkung erreicht aber, wenn $s > f$ ist, nicht den Wert dies Fehlers.

Die Einwirkung der Fehler bei den observierten Quantitäten ist andererseits in gewissen Fällen (ausser für Δh in Δs und ΔH in ΔS wenn $s > f$) sehr gering, auch kann, wenn h , H , f und F bekannt sind, die Einwirkung eines wahrscheinlichen Fehlers in diesen auf s und S in jedem einzelnen Falle berechnet werden.

Der Schluss, den wir ziehen können, ist daher nicht, dass Strommessungen nur bei kleinen Schiffsbewegungen, oder, was oft dasselbe bedeutet, bei grossem Werte der Stromstärke, nicht illusorisch sind, sondern, dass ein Strommessungsmaterial, obwohl den Schiffsbewegungen Rechnung getragen wird, nicht homogen gemacht werden kann. Es werden nämlich genaue und ungenaue Angaben durcheinander einlaufen. Aber für jede einzelne Zahl kann im gegebenen Fall mit nicht allzu grosser Mühe die Genauigkeit diskutiert, zum Beispiel die Grösse eines wahrscheinlichen Fehlers bestimmt werden, und ist die Anwendbarkeit eines so behandelten Materiales unbestreitbar.

Eine Methode zur Bestimmung der Schiffsbewegungen

Auf den finnischen Terminfahrten im Mai und August 1905 habe ich versucht, die Bewegungen des Schiffes auf folgende Weise zu bestimmen. Am Anker, mit dem das Schiff verankert ist, oder zuweilen an einem kleineren Anker wird eine Boje mit möglichst knapper Leine befestigt. Die Gefahr, dass die Leine zu lang oder zu kurz werde, wodurch wieder die Boje hinuntergezogen und vom Wasser zusammen gepresst werden würde, ist in der Regel dadurch zu vermeiden, dass an der Leine eine Marke gemacht wird, sobald der Anker den Boden erreicht hat, und nach geringer Lichtung des Ankers die Boje dann an der Leine befestigt und auf einmal, um Dreggen zu vermeiden, genügend Kette ausgegeben wird. Von der Boje führt zum Schiffe eine dünne Leine, die über ein Meterrad läuft. Gewöhnlich hängt diese Leine schlaff, wird aber auf gegebenes Signal eingeholt, bis in einem leicht bestimmbar Moment ihre Spannung plötzlich wächst. Nun wird das Meterrad abgelesen und die Richtung, in welcher Schiff und Boje liegen, am Kompass bestimmt.

Die Schiffsbewegungen

Die Schiffsbewegungen, so wie sie diese Methode ergibt, verlaufen wie Pendelschwingungen, die von einigen Minuten bis zu einer halben Stunde dauern. Dabei verändert sich die Entfernung zwischen Schiff und Boje äusserst wenig, nur mit einigen Prozenten. Während die Schwingungen um die Boje sich ziemlich regelmässig und langsam abspielen bis c. 10° von der Mittellage, stellt sich die Längsachse des Schiffes viel rascher in verschiedene Richtungen, und sind dabei öfters die resultierenden Bewegungen, wie auch aus den aufeinander folgenden Geschwindigkeits- und Richtungsangaben für den beobachteten Strom zu schliessen ist, ziemlich ruhig. Solche Pendelschwingungen dürfen wohl auch die der Grösse sowie der Richtung nach beinahe konstanten Faktoren Wind, Wellen und Strom hervorrufen.

Die Bearbeitung der Beobachtungen

Die Richtung und Länge der während der Observationszeit zurückgelegten Strecke sind aus diesen Längenmessungen und Peilungen hergeleitet. Dabei werden vorläufig nicht die Verschiebung der Boje und die Krümmung der Leine berücksichtigt (sie wirken übrigens einander entgegen). Die Geschwindigkeit des Schiffstromes wird durch Division der Strecke durch die Observationszeit ermittelt, was ja zulässig ist, da die Schiffsschwingungen in der Regel beträchtlich viel längere Zeit als die Observation dauern.

Zwischen den Richtungen R_1 und R_2 und den Entfernungen r_1 und r_2 zwischen Strommesser und Boje — dass die Peilungen und Messungen nicht vom Strommesser aus gemacht werden, fordert bei trigonometrischer Behandlung des Materials einige Ueberführungsrechnungen — und der Verschiebung des Schiffes während der Observationszeit t bestehen ähnliche Gleichungen wie 1 und 2. Von diesen erhalten wir aber die mit den Gleichungen 5 ähnlichen

$$\left. \begin{aligned} \Delta(ft) &= \cos(R_1F) \Delta r_1 + \cos(FR_2) \Delta r_2 + \\ &\quad + r_2 \sin(FR_2) \sin 1^\circ \Delta(R_2R_1) \\ \Delta(F) &= \frac{\sin(R_1F)}{f \sin 1^\circ} \Delta r_1 - \frac{\sin(FR_2)}{f \sin 1^\circ} \Delta r_2 + \frac{r_1 \cos(R_1F)}{f} \Delta R_1 + \\ &\quad + \frac{r_2 \cos(FR_2)}{f} \Delta R_2 \end{aligned} \right\} 6$$

Ein wahrscheinlicher Fehler in ft und F wird demgemäss, wenn noch die mit der hier erforderlichen Approximierung zulässige Ersetzung von r_1, r_2, R_1 und R_2 durch die Mittelwerte m und M gemacht wird, auf folgende Weise von den wahrscheinlichen Fehlern in r und R konstituiert. (Wahrscheinlicher Fehler mit $\omega ()$ bezeichnet).

$$\left. \begin{aligned} \omega(ft) &= \sqrt{2 \cos^2(MF) \omega(r)^2 + 2 m^2 \sin^2(FM) \sin^2 1^\circ \omega(R)^2} \\ \omega(F) &= \sqrt{\frac{2 \sin^2(MF)}{f^2 \sin^2 1^\circ} \omega(r)^2 + \frac{2 m^2 \cos^2(MF)}{f^2} \omega(R)^2} \end{aligned} \right\} \dots 7$$

Diese können aber, wenn $\omega(r)$ und $m \sin 1^\circ \omega(R)$ nahezu gleich sind, oder wenn (MF) nahezu 90° ist, was ja oft der Fall ist, von noch einfacheren ersetzt werden, nämlich

$$\left. \begin{aligned} \omega(ft) &= \sqrt{2} m \sin 1^\circ \omega(R) \\ \omega(F) &= \frac{\sqrt{2}}{f \sin 1^\circ} \omega(r) \end{aligned} \right\} \dots \dots \dots 8$$

Aus den Gleichungen 5 ergeben sich für die wahrscheinlichen Fehler in s und S aber

$$\left. \begin{aligned} \omega(s) &= \sqrt{\cos^2(HS) \omega(h)^2 + \cos^2(SF) \omega(f)^2 + f^2 \sin^2(SF) \sin^2 1^\circ \omega(FH)^2} \\ \omega(S) &= \sqrt{\frac{\sin^2(HS)}{s^2 \sin^2 1^\circ} \omega(h)^2 + \frac{\sin^2(SF)}{s^2 \sin^2 1^\circ} \omega(f)^2 + \frac{h^2 \cos^2(HS)}{s^2} \omega(H)^2 + \frac{f^2 \cos^2(SF)}{s^2} \omega(F)^2} \end{aligned} \right\} 9$$

In diesen Formeln kann in den meisten Fällen der erste verhältnismässig kleine Term unberücksichtigt bleiben, und es trägt auch oft zur Vereinfachung bei, dass in Allgemeinen in der ersten Gleichung dem dritten oder seltener dem zweiten der entscheidende Betrag zukommt, und dass in der zweiten Gleichung der dritte, der zweite oder der vierte auch oft von höherem Belauf ist.

Die Bearbeitung der auf diese Art gemachten Stromobservationen scheint sehr zeitraubend zu werden und würde es auch in hohem Grade bei einer trigonometrisch vorgenommenen Rechnung sein, da die Peilungen, die Messung der Entfernung zwischen Schiff und Boje und die Strommessung in der Regel von verschiedenen Teilen des Schiffes aus gemacht werden. Wenn aber eine graphische Methode angewendet wird, wird die Arbeit ungemein vereinfacht, und zwar wenn man mit einem Zirkel und einem Transporteur in der Skala 1:200 arbeitet. Auf dem Transporteur sei ein Bild des Schiffes so gezeichnet, dass die Längsachse längs der Base, der Kompass im Centrum und die Plätze, von welchen aus die Distanzen und der Strom gemessen wurden, auf zwei eingezeichnete Punkte fallen; dieses bezüglich der Berechnung von f und F . Die Werte von s und S sind auch am einfachsten auf graphischem Wege zu erlangen. Bei der Herleitung der wahrscheinlichen Fehler können einzelne Ausdrücke tabelliert werden. Auch erleichtern die angeführten oft zulässigen Vereinfachungen die Rechnung.

Es können auch anstatt der Berechnung der wahrscheinlichen Fehler einfachere Angaben über die Genauigkeit der Strommessungen verwendet werden. Wenn für einige Beobachtungsreihen oder für gewisse Fälle mit fixierten Werten auf $s:f$ die wahrscheinlichen Fehler diskutiert und hergeleitet sind, können mit beträchtlich geringerer Mühe mittels Vergleichung und Schätzung für die meisten übrigen Beobachtungen obere Grenzen der wahrscheinlichen Fehler bestimmt werden. Durch den erhaltenen Stromzahlen beigefügte Zeichen, zum Beispiel a , b , c u. s. w., kann dann angedeutet werden, dass die Richtungsangaben wahrscheinliche Fehler $< 10^\circ$, $< 15^\circ$, $< 20^\circ$ u. s. w. die Geschwindigkeitsangaben solche < 0.5 , < 1.0 , < 1.5 cm/sec u. s. w. oder $< 5\%$, $< 10\%$, $< 15\%$ u. s. w. besitzen. Auch kann ja durch Ausschalten der ungenaueren Angaben eine gewisse Homogenität erzielt werden.

Beispiele

Hier mögen als Beispiel die vorläufig hergeleiteten Resultate der Strommessung an zwei Stationen, sowie sie sich bei Anwendung dieser Methode ergeben, angeführt werden. An der ersten Station, wo der Strommesser sich c. 65 m von der Boje befand und der Abstand vom Schiffe zur Boje c. 40 m war, ist den Abstandsmessungen, oder richtiger jeder Messung bei Bildung der Differenzen zwischen den Abständen, ein wahrscheinlicher Fehler von 0.5 m zugeschrieben, an der zweiten waren die Abstände c. 165 und 140m und ist der wahrscheinliche Fehler auf 1 m geschätzt¹⁾. Der wahrscheinliche Fehler einer Peilung ist als 0.5 angesetzt, in der Differenz zwischen zwei Peilungen also 0.7, und zuletzt sind dem beobachteten Strome wahrscheinliche Fehler von 0.2 cm/sec und 10° zugeteilt.

Station F 12 64° 13' N Br. 22° 6' Oe Länge, 10. VIII, 1905

Tiefe in cm	Schiffsstrom		Beobachteter Strom		Berechneter Strom	
	Richtung	Geschw. in cm/sec	Richtung	Geschw. in cm/sec	Richtung	Geschw. in cm/sec
0	330° ± 41°	1.1 ± 0.3	100° ± 10°	19.5 ± 0.2	100° ± 10°	21 ± 0.7
10	350° ± 5°	3.8 ± 0.4	80° ± 10°	8.3 ± 0.2	105° ± 9°	9 ± 0.7
20	—	0 ± 0.2	220° ± 10°	4.3 ± 0.2	220° ± 11°	4 ± 0.4
30	350° ± 6°	3.5 ± 0.4	230° ± 10°	6.1 ± 0.2	210° ± 7°	9 ± 0.6
40	355° ± 20°	2.2 ± 0.3	230° ± 10°	4.1 ± 0.2	210° ± 10°	5 ± 0.6
50	335° ± 20°	2.0 ± 0.8	240° ± 10°	8.7 ± 0.2	225° ± 11°	9 ± 0.8
60	5° ± 6°	7.0 ± 0.8	275° ± 10°	11.4 ± 0.2	245° ± 8°	14 ± 1.3
70	200° ± 10°	3.6 ± 0.8	260° ± 10°	10.5 ± 0.2	280° ± 12°	9 ± 0.9
80	0° ± 7°	5.7 ± 0.9	250° ± 10°	11.6 ± 0.2	230° ± 8°	16 ± 1.1
90	185° ± 20°	2.7 ± 0.3	290° ± 10°	7.1 ± 0.2	310° ± 9°	7 ± 0.8

Station F 26 61° 54' N Br. 20° 4' Oe Länge, 12. VIII, 1905

0	130° ± 12°	6.6 ± 1.7	320° ± 10°	4.2 ± 0.2	315° ± 8°	11 ± 1.7
10	325° ± 6°	12.8 ± 1.5	335° ± 10°	13.0 ± 0.2	55° ± 51°	2 ± 2.6
20	330° ± 13°	6.1 ± 1.1	35° ± 10°	10.0 ± 0.2	70° ± 11°	9 ± 1.8
30	160° ± 5°	15.0 ± 1.7	35° ± 10°	14.4 ± 0.2	5° ± 6°	26 ± 2.0
40	330° ± 8°	10.8 ± 1.4	340° ± 10°	10.6 ± 0.2	70° ± 47°	2 ± 2.3
50	150° ± 7°	11.2 ± 0.9	190° ± 10°	5.4 ± 0.2	305° ± 10°	8 ± 1.3
60	345° ± 11°	7.6 ± 1.0	105° ± 10°	9.3 ± 0.2	130° ± 8°	15 ± 1.4
70	320° ± 8°	10.8 ± 0.8	20° ± 10°	5.1 ± 0.2	115° ± 8°	9 ± 1.3
80	125° ± 14°	5.8 ± 1.5	80° ± 10°	9.7 ± 0.2	45° ± 16°	8 ± 1.7
90	145° ± 15°	5.3 ± 1.0	100° ± 10°	7.6 ± 0.2	55° ± 15°	5 ± 1.7

¹⁾ Die Genauigkeit der Abstandsmessung bin ich eben im Begriff zu untersuchen. Die hier angenommenen Zahlen sind nach einer Schätzung, die auf der Genauigkeit beruht, mit welcher der Punkt der rasch wachsenden Spannung auf der Leine fixiert werden konnte, genügend gross gewählt.

Diese Beispiele sind ziemlich typisch. An der ersten Station ist das Verhältnis $s:f$ ziemlich gross, und die wahrscheinlichen Fehler in den Geschwindigkeitsangaben sind im Allgemeinen ein wenig kleiner als 1 cm/sec , in den Richtungsangaben schwanken sie um 10° . (Hier war ja auch der wahrscheinliche Fehler einer Abstandsmessung auf 0.5 m geschätzt.) An der zweiten, welche Fälle mit $s:f$ gleich oder kleiner als die Einheit gibt, betragen die Werte der wahrscheinlichen Fehler 1.3 bis 2.0 cm/sec und 6° bis 16° , wenn für die Beobachtungen auf 10 und 40 m nur die Bemerkung „Strom schwach“ zitiert wird. Mögen auch die künftigen Untersuchungen eine vielleicht etwas grössere Unsicherheit in der Abstandsbestimmung ergeben als die hier angenommene, so weit wird sich der wahrscheinliche Fehler in den Resultaten doch nicht steigern, dass die Strommessungen nicht im Allgemeinen brauchbar bleiben — natürlicherweise aber nicht bei Berechnungen nach dem Bjerknæs'schen Satze.¹⁾

Verbesserung der Methode

Durch Verbesserung des angewandten Instruments wird die Methode schärfer. Zur Längenmessung würde sich ein Klavierdraht oder eine aus einigen feinen Drähten hergestellte Wire besser eignen, da dadurch dem Winde und den Wellen eine beträchtlich kleinere Angriffsfläche dargeboten würde. Die Einstellung bei der Messung könnte vielleicht durch Verwendung eines Dynamometers verschärft werden, und für die Ausführung der Peilungen wäre ein am Kompass angebrachter Diopter wünschenswert. In diesem Sinne werden auch Veränderungen bei der künftigen Arbeit gemacht werden.

Eine andere Methode

Durch die Anwendung von zwei Bojen könnte man der Abstandsmessung überhoben werden. Die Bojen, die mittels einer Leine von bestimmter Länge miteinander verbunden sein müssten, könnten so ausgelegt werden, dass die Ankertaue sie voneinander ziehen. Die Richtung der verbindenden Leine würde beim Auslegen der Bojen durch Peilung bestimmt werden. Durch Peilung der Bojen würde man dann die Lage des Schiffes erhalten. Ein Fehler in der Entfernung zwischen den Bojen wirkt ungefähr mit seinem Belaufe auf den erhaltenen Wert der Entfernung zwischen Schiff und Boje. Einem Fehler um 1° in den Peilungen entspräche einer um ungefähr 1 m bei einer Entfernung von $c. 100 \text{ m}$ zwischen den Bojen. Die

¹⁾ Später vorgenommene gleichzeitige Bestimmungen der Schiffsbewegungen mittels dieser und der unten beschriebenen Methode zeigen, dass die hier angenommenen wahrscheinlichen Fehler nicht zu klein gewählt worden sind. (Nachträgliche Bemerkung.)

Genauigkeit dieser Methode wäre also der früher beschriebenen ziemlich gleichwertig. Aber bei dieser Methode wäre die Arbeit viel lästiger mit dem beinahe notwendigen Aussetzen von Böten für die Verankerung und Wegnahme der Bojen. Doch werden nach dieser Methode die Schiffsbewegungen wahrscheinlich besser bestimmt, wenn die Entfernung vom Schiffe zum Anker gross ist, und es dürfte wohl zu Gunsten der Methode notiert werden, dass dabei auch eine Kontrolle über das Festsitzen des Ankers erhalten wird.

Dass die Bestimmung der Schiffsbewegungen sowie die Strommessung überhaupt nur bei verhältnissmässig ruhigem Wetter vorzunehmen ist, braucht wohl kaum hervorgehoben zu werden.
