

# Die automatische Koppelkarte = = = = =

Dr.-Ing. K. Ramsayer

## I. Aufgabe.

Im vergangenen Sommer trat der BHF an die DVL mit der Forderung heran, ein Gerät zu schaffen, das den Koppelort des Flugzeugs vollautomatisch laufend in der Karte anzeigt. Diese "automatische Koppelkarte" soll, zusammen mit dem "Berlin-Gerät" eingesetzt werden, um durch unmittelbaren Vergleich zwischen Koppelkarte und dem im Berlin-Gerät sichtbaren Geländebild jeweils den genauen Standort feststellen zu können.

In der DVL war bereits ein Koppelgerät entworfen und der Industrie zur konstruktiven Entwicklung übergeben worden, das den Koppelort laufend nach Länge und Breite anzeigt. Auch waren bereits Überlegungen angestellt worden, wie der Koppelort unmittelbar in der Karte angezeigt werden kann. Diese Pläne mussten jedoch aus Mangel an Arbeitskräften zurückgestellt werden. Erst durch die Unterstützung durch den BHF konnten sie in die Tat umgesetzt werden. Ich möchte deshalb bei dieser Gelegenheit meine Dank dafür aussprechen.

## II. Mathematische Grundlagen.

Bei der Lösung der Aufgabe waren vor allem zwei Schwierigkeiten zu überwinden:

- 1.) die Berücksichtigung der Erdkrümmung, welche schon bei kurzen Flugstrecken nicht vernachlässigt werden darf, weil sonst erhebliche Fehler auftreten würden, und
- 2.) der Kartenwechsel während des Fluges.

### IIa. Mathematische Grundlagen der DVL-Karte.

Die Erdkrümmung konnte durch einen kleinen Kniff sehr einfach berücksichtigt werden. Bekanntlich besitzt die gebräuchliche Merkator Karte in Äquaturnähe ideale Eigenschaften. Sie ist nämlich dort ausser winkeltreu auch praktisch längentreu und bildet die Loxodrome als Gerade ab. Diese Eigenschaften können

wir auch Karten von Gebieten beliebiger geographischer Breite geben, wenn wir ein neues sphärisches Koordinatensystem einführen, dessen Äquator mitten durch das Einsatzgebiet läuft, und wenn wir das Gebiet samt dem neuen Koordinatennetz nach dem Merkatorverfahren, bezogen auf den neuen Äquator, abbilden.

<sup>5.18/67</sup>  
Bild 1 zeigt den Entwurf einer derartigen Karte für den Kampfraum England. Der neue Kartenäquator fällt mit dem Meridian  $1^{\circ}$  W zusammen. Das neue Bezugssystem ist ein quadratisches Gitternetz, das im Entwurf von 200 zu 200 km unterteilt ist. Als Bezugsrichtung gilt die senkrecht nach oben gerichtete Gitterlinie (X-Richtung, Gitternord). Die Koordinaten eines Punktes werden als Hochwert X und Rechtswert Y bezeichnet. Das geographische Netz wird krummlinig (gestrichelt) abgebildet.

Damit nach dem neuen Bezugssystem mit Hilfe des Magnetkompasses geflogen werden kann, sind die den "Linien gleicher Missweisung" entsprechenden "Linien gleicher Nadelabweichung" eingetragen.

Diese Karte kann in nord-südlicher Richtung beliebig weit ausgedehnt werden. Der seitliche Abstand vom Kartenäquator ist dagegen begrenzt. Wir können jedoch 1000 km nach jeder Seite gehen, dann beträgt die grösste Längenverzerrung an den seitlichen Rändern erst 1,2%.

Die Karte von dem dargestellten Gebiet ist in Arbeit und wird in den Maßstäben 1:1 000 000, 1:2 000 000, 1:4 000 000 hergestellt. Weitere Meridianstreifen für Mitteleuropa und Osteuropa und ein Querstreifen für das Mittelmeergebiet sind geplant.

Die DVL-Karte besitzt alle Vorzüge der gebräuchlichen Merkatorkarte, vermeidet jedoch deren Nachteile, nämlich die mit wachsender Breite ständig wachsende Längenverzerrung und die ebenfalls zunehmende Abweichung zwischen Grosskreis und Loxodrome. In der DVL-Karte kann deshalb jede beliebige Entfernung unmittelbar mit dem Masstab gemessen werden, was besonders für die Flugvorbereitung sehr bequem ist. Ausserdem eignet sich diese Karte bestens für die Funkpeilauswertung, weil der Grosskreis zwischen zwei beliebigen Punkten des Kartengebietes nur sehr wenig von der

Loxodrome in dem neuen Bezugssystem abweicht. Die Loxodrombeschickung ist so klein, dass sie fast immer vernachlässigt werden kann. Der Peilstrahl kann deshalb einfach als gerade Linie in unveränderter Peilrichtung in die Karte eingetragen werden.

### IIb. Mathematische Grundlagen des Koppelrechners.

Die automatische Standortanzeige in dieser Karte wird folgendermassen erreicht. Bild 2: <sup>S. 68</sup> Der Flugweg über Grund wird getrennt nach Eigenweg und Windweg. Der Eigenweg und der Windweg werden wiederum unterteilt in kleine Schritte von konstanter Länge  $\Delta S$ . Jeder Schritt wird zerlegt in zwei Komponenten

$$\Delta x_e = \Delta S \cdot \cos \alpha_e, \quad \Delta y_e = \Delta S \cdot \sin \alpha_e$$

bzw.

$$\Delta x_w = \Delta S \cdot \cos \alpha_w, \quad \Delta y_w = \Delta S \cdot \sin \alpha_w$$

wobei  $\alpha_e$  die Richtung der Flugzeuglängsachse und  $\alpha_w$  die Windrichtung, bezogen auf Gitternord, bedeuten. Die gleichartigen Komponenten werden summiert, bis jeweils wiederum der Betrag der konstanten Länge aufgelaufen ist, dann wird der zugeordnete Komponentenzeiger in der Karte um diesen konstanten Betrag unter Berücksichtigung des Maßstabs verschoben.

### III. Gesamtaufbau der automatischen Koppelkarte.

In Bild 3 <sup>S. 68</sup> ist die automatische Koppelkarte symbolisch dargestellt. Die beiden Hauptbestandteile sind der ortsfest eingebaute automatische Koppelrechner und das bewegliche Kartengerät. Der Koppelrechner wird an den höhenkompensierten Fahrtmesser und an die Kurszentrale angeschlossen. Die Windgeschwindigkeit, die Windrichtung und die Nadelabweichung werden von Hand eingestellt. Im Koppelrechner wird die Integration und Komponentenzersetzung des Flugwegs vorgenommen. Das angeschlossene Kartengerät empfängt von dort elektrische Impulse, welche die beiden senkrecht sich kreuzenden Drähte unter der Karte entsprechend den Flugwegkomponenten bewegen, so dass der Schnittpunkt der Drähte den Koppelort anzeigt.

#### IV. Der automatische Koppelrechner.

Der technische Aufbau des Koppelgerätes, das nach einem Entwurf der DVL von der Fa. DeTeWe entwickelt wird, geht aus Bild 4 <sup>S. 62+69</sup> hervor. Das Gerät setzt sich aus zwei im wesentlichen gleichen Baugruppen zusammen: Aus dem Eigenwegintegrator und dem Windwegintegrator. Der Eigenwegintegrator zerfällt in den Eigengeschwindigkeitsintegrator A, die Eigenkomponententafel B und die Komponentenaddierwerke  $X_e$  und  $Y_e$ . Der Windwegintegrator zerfällt in den Windgeschwindigkeitsintegrator C, die Windwegkomponententafel D und die Komponentenaddierwerke  $X_W$  und  $Y_W$ .

Der Eigengeschwindigkeitsintegrator A besteht aus einer Schaltklinke, welche in 1 Sek. einmal umläuft und dabei ein feingezähntes Rad jeweils um einen Winkel proportional der Eigengeschwindigkeit, also proportional des Eigenweges pro Sekunde dreht. Hat das Zahnrad eine volle Umdrehung gemacht, so ist die konstante Wegstrecke  $\Delta S = 0,1'$  zurückgelegt und es wird der elektrische Kontakt M geschlossen, welcher die Komponentenzerlegung auslöst.

In der Eigenwegkomponententafel B sind die Zahlenwerte  $0,1' \cdot \sin \alpha_e$  und  $0,1' \cdot \cos \alpha_e$  für  $\alpha_e$ -Stufen von  $1^\circ$  zu  $1^\circ$  dreistellig in Form von Kontaktblechen gespeichert. Jedes Kontaktblech stellt eine Ziffer dar. Alle gleichen Ziffern sind unter sich und mit der gleichen Ziffer des Drehwählers E leitend verbunden.

Der rechtweisende Kurs  $\alpha_e = \text{Kompasskurs} + \text{Nadelabweichung}$  wird durch Drehen der Kontaktfedern F, G, H und I, K, L teils automatisch, gesteuert durch die Kurszentrale, teils von Hand durch Drehen an dem Einstellknopf für Nadelabweichung eingestellt.

Die Komponentenaddierwerke  $X_e$  und  $Y_e$  bestehen aus dem Drehwähler E mit neun Kontaktblechen für die Ziffern 1 bis 9, je einem dreistelligen Zählwerk mit Zehnerübertragung und je drei elektromagnetischen Kupplungen f, g, h und i, k, l. Die Kupplung f ist mit der Kontaktfeder F, g mit G, h mit H usw. leitend verbunden.

Die Komponentenzerlegung selbst geht folgendermassen vor sich: Sind im Eigengeschwindigkeitsintegrator A  $0,1'$  aufgelaufen, so wird der Kontakt M geschlossen, der die elektromagnetische Kupplung N einrückt, wodurch die Welle O und damit der Drehwähler E, angetrieben durch den Motor P, eine Umdrehung macht. Läuft nun der Drehwähler bei dieser Umdrehung über die Ziffer Z, die mit einer Kontaktfeder der Eigenwegkomponententafel B leitend verbunden ist, so wird die mit dem Buchstaben dieser Kontaktfeder bezeichnete Kupplung eingerückt, wodurch das zugeordnete Zählerwerksrad um  $\frac{1}{z}$  Zähne gedreht wird. Sind mehrere Kontaktfedern an die Ziffer z gleichzeitig angeschlossen, so fallen die diesen Kontaktfedern zugeordneten Kupplungen gleichzeitig ein, und die zugeordneten Zählwerksräder werden gleichzeitig um je  $\frac{1}{z}$  Zähne gedreht.

Dies soll an der Übertragung der Komponente  $\Delta x_e = 0,1' \cdot \cos 40^\circ = 0,0766'$  näher erläutert werden. Läuft der Drehwähler E über die Ziffer 7, so fällt die an den Kontakt F angeschlossene Kupplung f ein und das zugeordnete Zählrad macht  $\frac{7}{10}$  der Wellenumdrehung mit. Läuft der Drehwähler über die Ziffer 6, so fallen die an die Kontakte G und H angeschlossenen Kupplungen g und h ein, und die zugeordneten Zählräder machen noch  $\frac{6}{10}$  der Wellenumdrehung mit. Genau so wird die andere Komponente übertragen. Hat die Welle O eine volle Umdrehung gemacht, so werden sämtliche Kupplungen automatisch gelöst. Auf diese Weise werden die Komponentenbeträge zu den bereits in den beiden Zählwerken enthaltenen Werten addiert. Die Summation wird solange fortgesetzt, bis in diesen Zählwerken jeweils der Betrag  $0,1'$  aufgelaufen ist, d.h. bis die Zählräder Q der vordersten Stellen eine volle Umdrehung gemacht haben. Dann wird an das Kartengerät ein elektrischer Impuls abgegeben, dessen Vorzeichen durch die Stellung der  $\alpha_e$ -Kontaktfedersätze entschieden wird.

Für die Integration und Komponentenzerlegung des Windweges sind genau die selben Bauelemente vorgesehen wie für den Eigenweg. Eine nicht dargestellte mechanische Impulsspeicherung sorgt dafür, dass Impulse von Windweg und Eigenweg in derselben Komponentenrichtung nicht gleichzeitig in das Kartengerät gelangen können.

Das soeben geschilderte Rechengetriebe hat gegenüber geometrischen Rechengetrieben gleicher Genauigkeit den Vorteil, keine Präzisionsmechanik zu beanspruchen und gegenüber rein elektrischen Rechenvorrichtungen mit etwa gleichem Herstellungsaufwand den Vorteil höherer Genauigkeit.

## V. Das Kartengerät.

<sup>S. 68</sup>  
Bild 5 zeigt das Kartengerät von aussen. Die durchsichtige Karte liegt auf einer Plexiglasscheibe, unter welcher zwei sich senkrecht schneidende Drahtzeiger so bewegt werden, dass ihr Schnittpunkt laufend den Koppelort anzeigt.

Das Problem des Kartenwechsels beim Erreichen des Kartenrandes wurde durch die Anwendung endloser Bänder gelöst. Die Drahtzeiger sind nämlich, wie wir in Bild 6 <sup>S. 68, 70</sup> erkennen, das Einblick in das Innere des Kartengerätes gibt, für beide Komponentenrichtungen je dreimal vorhanden. Diese Drahtzeiger sind so auf endlosen Bändern befestigt, dass der Abstand von Draht zu Draht genau gleich dem gegenseitigen Abstand der Kartenränder ist. Erreicht nun ein Draht den Kartenrand, so taucht am gegenüberliegenden Kartenrand ein neuer Draht auf und gleichzeitig wird ein Zählwerk so weitergeschaltet, dass es die Nummer des nunmehr aufzulegenden Kartenblattes anzeigt.

<sup>S. 68 + 70</sup>  
In Bild 6 sind auch die beiden vor- und rückläufigen elektrischen Schrittmotore erkennbar, welche die endlosen Bänder entsprechend der vom Koppelrechner kommenden Impulse bewegen.

Das Kartengerät kann für beliebige Masstäbe verwendet werden. Der Masstab wird einfach durch Änderung der Impulszahl pro konstanter Komponentenstrecke umgeschaltet:

z.B. Masstab 1:	4 000 000	1 Impuls/0,1'
"	1: 2 000 000	2 Impulse/0,1'
"	1: 1 000 000	4 Impulse/0,1'

## VI. Die Anwendung der automatischen Koppelkarte.

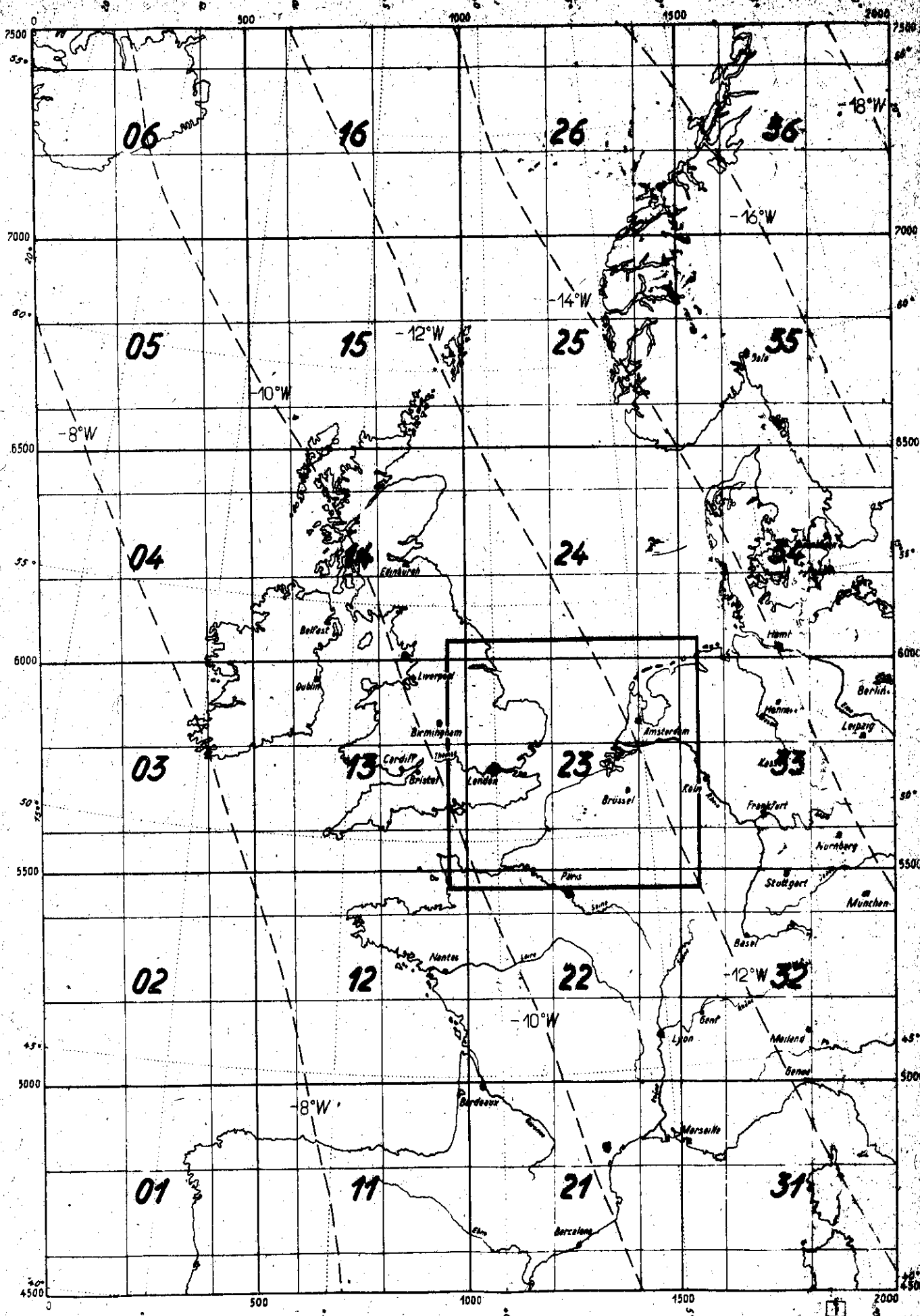
Die automatische Koppelkarte wurde ursprünglich angelassen, um die Navigationsmöglichkeiten mit dem Berlin-Gerät voll auszuschöpfen. Inzwischen hat sich der Kreis der Interessenten wesent-

lich vergrössert, da das Gerät sowohl für die Kampfflieger als auch für die Nachtjäger dringendst gefordert wird.

In diesem Rahmen möchte ich jedoch nur auf den Einsatz, zusammen mit dem Berlin-Gerät, etwas näher eingehen. Die genaue Standortberechnung mit dem Berlin-Gerät ist nämlich nur dann möglich, wenn man den ungefähren Standort kennt, weil nur dann eine Identifizierung der Bilder auf der Braunschen Röhre an Hand der Karte gelingt. Den ungefähren Standort liefert aber jederzeit die automatische Koppelkarte unabhängig davon, welche Abwehrbewegungen geflogen werden. Der angezeigte Koppelort wird sogar verhältnismässig genau sein, da wir mit dem Berlin-Gerät immer wieder den Wind aus einer Abtrift- und Grundgeschwindigkeitsmessung bestimmen können.

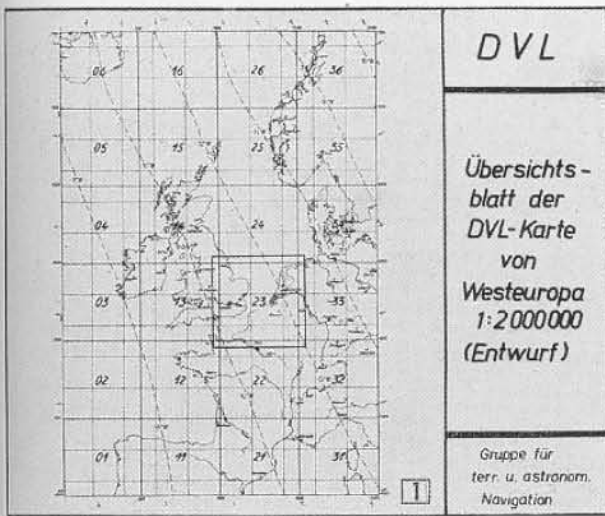
Das Zusammenwirken beider Geräte wird deshalb etwa folgendermassen vor sich gehen: Beim Start wird die automatische Koppelkarte auf den Startort eingestellt, und sofern eine Windmeldung vorliegt, wird am Koppler der Wind eingestellt. Kurz nach dem Start wird mit dem Berlin-Gerät der Wind aus einer Abtrift- und Grundgeschwindigkeitsmessung ermittelt und die Windeinstellung im Koppler notfalls verbessert. Die Windbestimmung wird von Zeit zu Zeit wiederholt und der Koppler entsprechend nachgestellt. Ausserdem wird von Zeit zu Zeit Feinortung aufgenommen durch unmittelbaren Vergleich zwischen dem Bild auf der Braunschen Röhre und der automatischen Koppelkarte. Dieser Vergleich wird besonders bequem sein, weil Geländebild und Karte im gleichen Masstab 1: 1 000 000 wiedergegeben werden und in der Karte ziemlich genau angezeigt wird, wo man zu suchen hat. Nach jeder Feinortung wird das Fadenkreuz des Kartengeräts entsprechend nachgestellt.

Durch die Kombination von Berlin-Gerät und automatischer Koppelkarte erhalten wir also ein genaues Navigationsverfahren, das unabhängig von jeder Bodenorganisation und weitgehend störfest ist. Diese Vorteile können auch bei langen Anflügen über See aufrecht erhalten werden, obwohl hier das Berlin-Gerät versagt, da eine astronomische Groborientierung kurz vor dem Erreichen der Küste und ein entsprechendes Nachstellen der Koppelkarte genügt, um beim Erreichen der Küste wieder Feinorientierung aufnehmen zu können.

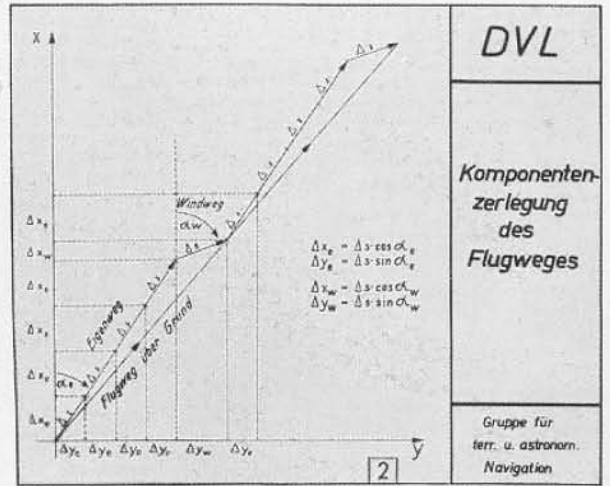


**Bild 1**

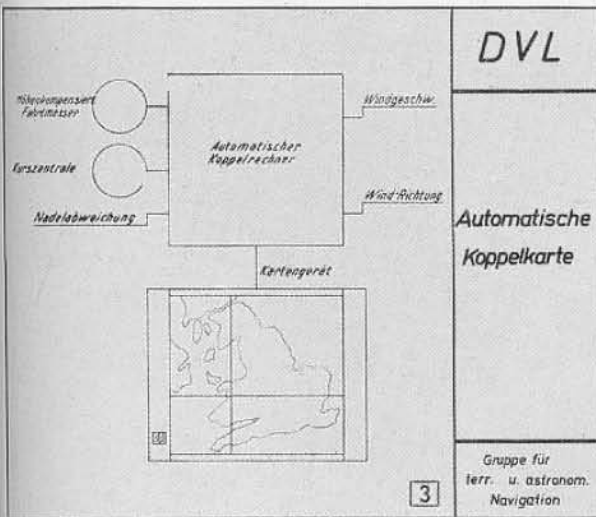




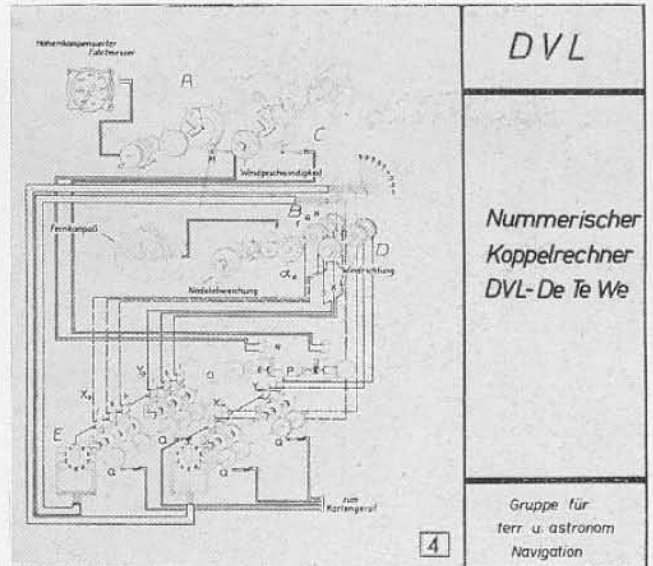
zu S. 61.



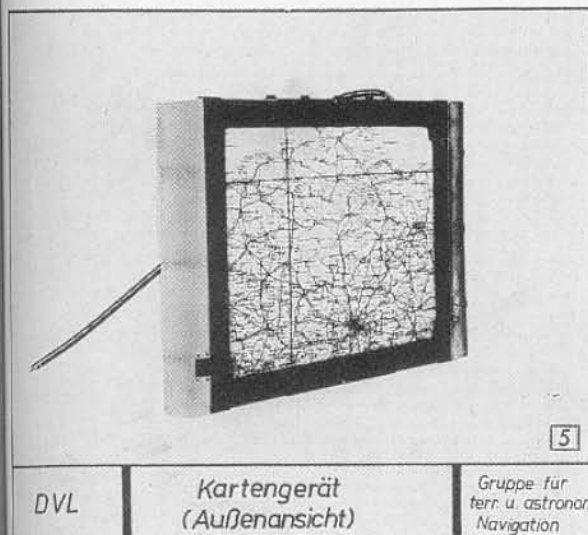
zu S. 62



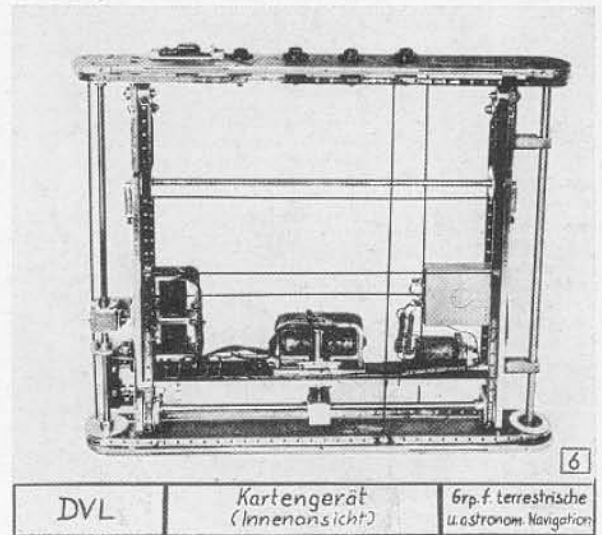
zu S. 62



zu S. 63

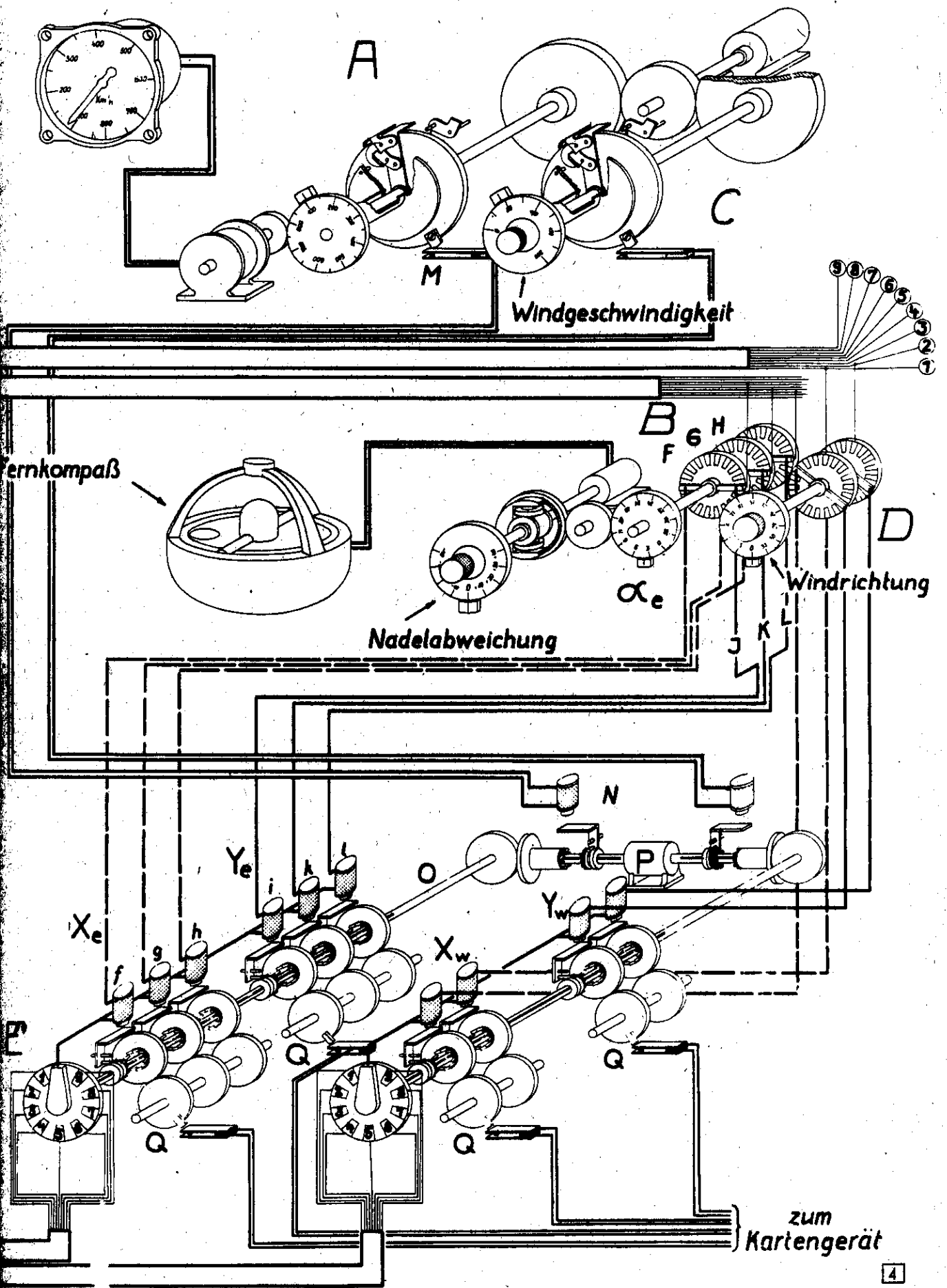


zu S. 65



zu S. 65

Unkompensierter  
Fahrtmesser



**Bild 4**

