

Deutsche Chronometer und B-Uhren mit Gradmaß-Zifferblatt

Herbert Dittich

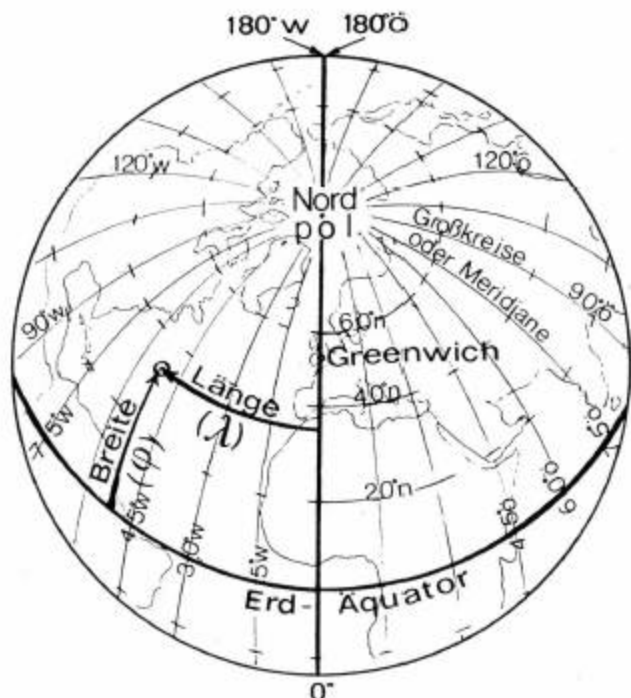
Grundlagen der astronomischen Ortsbestimmung

Die astronomische Ortsbestimmung ist die wichtigste Aufgabe der astronomischen Navigation. Mit Sextant, Chronometer, nautischen Tafeln und einer sphärischen trigonometrischen Berechnung kann der Standort von Schiffen und Flugzeugen genau bestimmt werden.

Zum Verständnis von Sinn und Zweck der Gradmaßuhren müssen, vereinfacht aber klar, einige astronomische Begriffe vorausgesetzt werden. Auch z.T. widersprüchliche Angaben in den unterschiedlichsten Literaturquellen oder Begriffen mit verschiedenen Definitionen erschweren das allgemeine Verständnis. Deshalb einige Vorbemerkungen:

Die Möglichkeit, aus Beobachtungen am Himmel Orte oder Standlinien auf der Erde zu bestimmen, beruht darauf, daß 1. die Erde sich nach Sternzeit in 23 Stunden 56 Min. und $3\frac{1}{2}$ Sek. einmal um ihre eigene Achse dreht und 2., daß man das scheinbare Himmelsgewölbe, von der Erde aus, als eine große Hohlkugel auffassen kann. Deshalb entsprechen Längen- und Breitenmessungen auf der Erdkugel gleichen Proportionen auf der gedachten Himmelshohlkugel und ermöglichen somit, die Koordinaten von Orten auf der Erde durch Längen- und Breitenmessungen bekannter Orte am Himmelsgewölbe zu bestimmen.

Das Prinzip der astronomischen Ortsbestimmung zur Feststellung seiner Erdkoordinaten, der geographischen Breite (φ) und Länge (λ) (Abb. 1) erfolgt daher mit Hilfe von Gestirns- (oder Sonnen-) Messungen in ihren bekannten Koordinaten unter Berücksichtigung des sich dazu kontinuierlich verändernden Drehwinkels der Erde. Die Koordinaten sind



1 Erd-Koordinaten zur Längen- und Breitenbestimmung von Orten oder Standlinien auf der Erde

der Erdäquator, der Himmelsäquator und die jeweiligen parallelen Kreise. Die Koordinaten im rechten Winkel dazu gehen durch beide Pole und heißen Großkreise bzw. Stundenkreise. Der Stundenkreis, vom Horizont im Süden über den Zenit (den höchsten Punkt des Himmelsgewölbes) zum Himmelsnordpol, heißt Meridian. Auf ihm erreichen die Gestirne (und die Sonne) ihren höchsten Stand (Kulmination). Jeder Ort des Beobachters besitzt also auch seinen eigenen Meridian, den Ortsmeridian. Unter dem oberen Meridian versteht man die Hälfte des Meridians vom Nordpol über den Zenit zum Südpol. Der untere Meridian ist dann die andere Hälfte des Meridians und erstreckt sich vom Nordpol über den Nadir zum Südpol. Die Länge und Breite der Gestirne in der

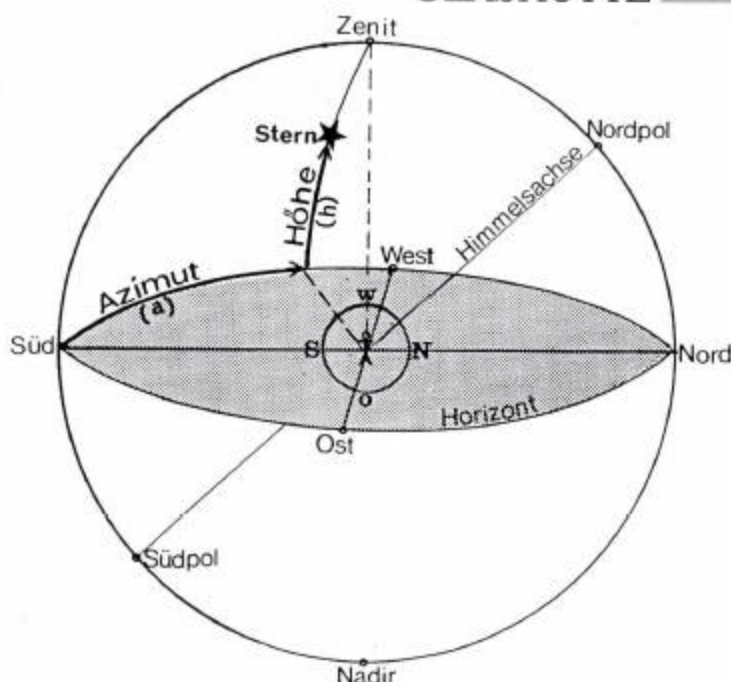
Himmelsphäre müssen allerdings nach 2 eigenen Himmels-Koordinatensystemen bestimmt werden:

1. Nach dem Himmels-Äquatorkoordinatensystem (Abb. 2) entspricht die Deklination (δ) (oder die »Abweichung«) der Breite auf der Erde. Sie wird gemessen auf dem Stundenwinkel des Gestirns, vom Himmelsäquator in Richtung Himmelsnordpol bis zum Gestirn. Die Rectascension (α) (Geradaufsteigung) entspricht der Länge des Erd-Koordinatensystems. Sie wird gemessen, im Gegenuhrzeigersinn, entlang des Himmelsäquators vom Widderpunkt (γ) (= Frühlingspunkt = Tag- und Nachtgleiche = Schnittpunkt der Ekliptik mit dem Himmelsäquator) als festen Bezugspunkt aus, bis zum Stundenwinkel des Gestirns.

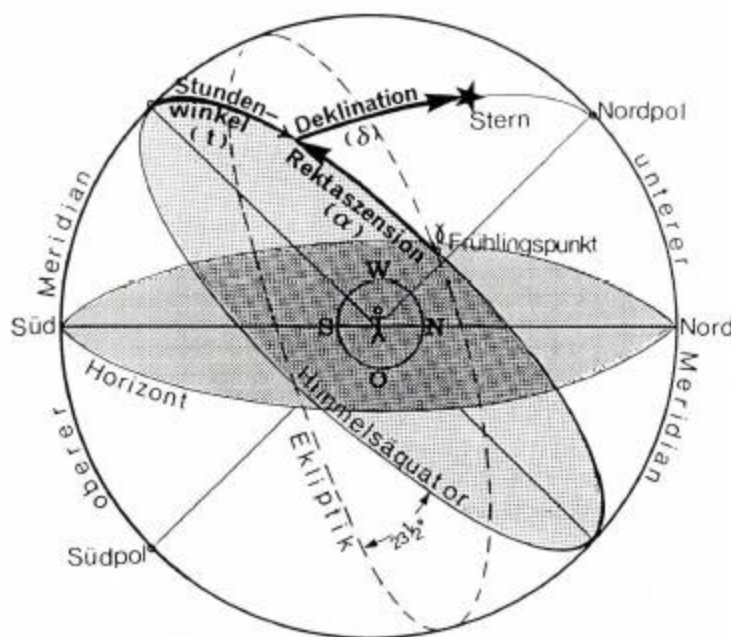
2. Nach dem *Himmels-Horizontkoordinatensystem* (Abb. 3) entspricht die *Höhe* (h) der geographischen Erdbreite und wird vom Horizont aus in Richtung Zenit gemessen, und das *Azimet* (a) entspricht der Länge der Erdkoordinaten. Es entspricht dem Winkelabstand zwischen dem südlichen Fußpunkt des Meridians, dem Schnittpunkt mit dem Horizont und dem Stundenkreis des Gestirns. Gemessen wird vom südlichen Fußpunkt aus westwärts, also im Uhrzeigersinn. Das Azimet braucht man für die Berechnung der astronomischen Standlinien und der Kompaßablenkung, ist aber hier für unsere Betrachtung von untergeordneter Bedeutung.

Die Entscheidung, welches Himmels-Koordinatensystem für die Messungen benutzt werden muß, hängt von der zu lösenden Aufgabe ab. Es gibt noch 2 weitere Himmels-Koordinatensysteme: Das ekliptikale System und das galaktische System. Beide haben bei unserer Betrachtung keine Bedeutung.

Die *Lage des Ortes nach der geographischen Breite* (q) entspricht dem Winkelabstand des Ortes, gemessen auf der Linie seines Stundenkreises, vom Erdäquator aus bis zum betreffenden Ort. Die Breite ist mit dem Sextanten, als dem jeweiligen



2 Himmels-Horizontkoordinatensystem mit Azimet (a) = Länge am Horizont vom Südpunkt bis zum Vertikal des Gestirns und Höhe (h) = Breite vom Horizont auf dem Vertikal bis zum Gestirn in Richtung Zenit



3 Himmels-Äquatorkoordinatensystem mit Rectascension. (α) = Länge auf dem Äquator vom Frühlingspunkt (γ) bis zum Stundenkreis des Gestirns und der Deklination (δ) = Breite auf dem Stundenkreis vom Himmelsäquator bis zum Stern in Richtung Nordpol

Winkel zwischen Sonne oder Sternen und der Waagrechten des Horizontes (Kimm), meßbar. Nach dem Himmels-Äquatorkoordinatensystem entspricht die geographische Breite der Deklination (δ). Sie bildet folgerichtig auf dem betreffenden Stundenkreis den Winkelabstand eines Gestirns zum Himmelsäquator. Nach dem Himmels-Horizontkoordinatensystem entspricht die Breite der Höhe (h), die vom Himmelshorizont aus im rechten Winkel auf seinem Stundenkreis in Richtung Zenit bis zum Gestirn gemessen wird.

Die *Lage nach der geographischen Länge* entspricht dem Ort auf der Erde, der auf einem Äquator-parallelen Kreis in Ost-West- oder West-Ost-Richtung liegt. Nach dem Himmels-Äquatorkoordinatensystem ist die Länge auf der Erde durch die Rectascension (α) errechenbar oder wird nach dem Himmels-Horizontkoordinatensystem als Azimet (a) angegeben. Alle Längenmaße können in Zeitmaß (Stunden, Minuten, Sekunden) oder in Gradmaß (Bogengrade und -minuten) angegeben werden.

In *Zeitmaß* ausgedrückt entspricht die geographische Länge auf der Erde, bedingt durch deren kontinuierliche Dre-

GLASHÜTTE

hung um die eigene Achse, der Zeitdifferenz zwischen der festgelegten Ortszeit eines bekannten Ortes (Greenwich) – = die Chronometerzeit – und der Ortszeit des Ortes, für den die Länge bestimmt werden soll. Diese im üblichen Zeitmaß aufgezeichnete Zeit wird danach in das Gradmaß transformiert (sog. »Zeitverwandlung«, dazu später noch), um die Längenkoordinate in Grad angeben zu können. Diese Bogenlänge zwischen dem Stundenkreis des Gestirns und dem Nullmeridian (Greenwich) heißt daher auch *Greenwich-Stundenwinkel* (Gt oder i) (Abb. 4). Der Greenwicher Stundenwinkel zählt bei westlicher Länge vom Nullmeridian (Greenwich) aus bis 180° nach Westen (t_w), oder bei östlicher Länge vom Nullmeridian bis 180° nach Osten (t_o). Oder er wird von Greenwich aus nur in westlicher Richtung, also im Uhrzeigersinn, von $0-360^\circ$ gezählt. Wenn die Koordinaten des Gestirns auf den Greenwich-Meridian bezogen sind, dann entspricht ihre Länge diesem Greenwicher Stundenwinkel. Die Bogenlänge eines Gestirns (oder Sonne), die nicht auf den Greenwich Meridian, sondern auf den Meridian des Beobachtungsortes (Ortsmeridian) bezogen ist, wird als *Ortsstundenwinkel* oder nur als *Stundenwinkel* bezeichnet. Dieser wird vom oberen Meridian an, im Uhrzeigersinn von $0-360^\circ$ gezählt. Wenn die Sonne an einem Beobachtungsort genau im Meridian, also am höchsten steht (Kulmination), dann ist es 12^h und der Stundenwinkel beträgt 0^h oder 0° .

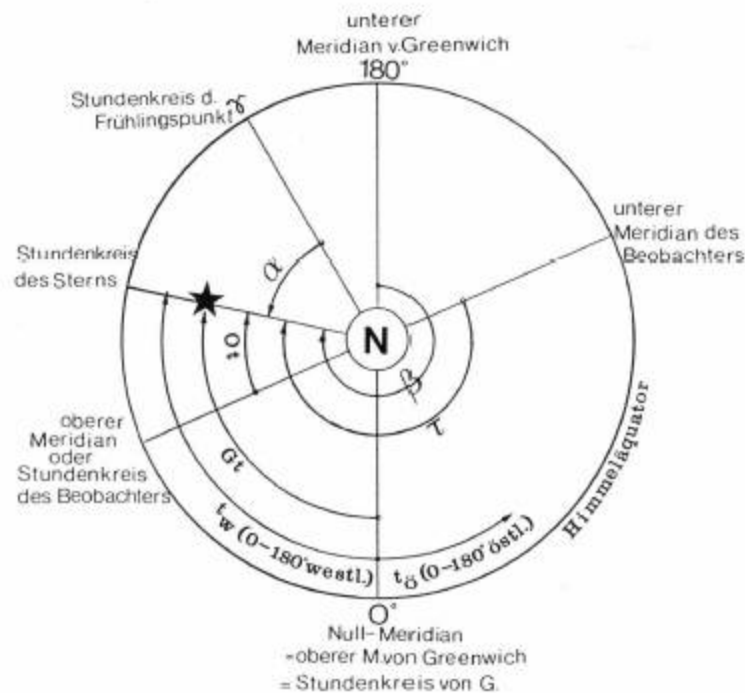
Der *Zeitwinkel* (τ). Ein Ausdruck, der besonders für die Definition der Sternzeit reserviert ist. Die Sternzeit (δ) oder ($\gamma\tau$) = der Zeitwinkel des Gestirns (τ) + Rectascension (α) des Gestirns. Der Zeitwinkel misst von $0-360^\circ$ in Bogengraden und -minuten, im Uhrzeigersinn, vom unteren Meridian aus bis zum Stundenkreis des Gestirns. Der untere Meridian ist beim Zeitwinkel der Sonne gleichzeitig ihr unterer Kulminationspunkt. Jeder gemessene Zeitwinkel der Sonne gibt demzufolge an, wie weit sie gewandert ist. Damit wird der Zeitwinkel quasi zum Stundenzeiger unserer Uhr.

Stundenwinkel und Zeitwinkel haben lediglich einen anderen Bezugspunkt bei der Längenmessung (s. Abb. 4) und stehen daher durch eine Formel in direkter Beziehung: $\tau = 180^\circ - t_o$ bzw.: $\tau = t_w + 180^\circ$. (In neuerer Zeit wird teilweise der Stundenwinkel gleich dem Zeitwinkel definiert und zählt $0-360^\circ$. Wir halten uns hier an die obige Definition, die zur Zeit der Gradmaß-Uhr-Entwicklung verbindliche Auffassung war (14). Etwas verwirrend ist auch die Definition des *Ortszeit-*

winkels (Zeitwinkel des Gestirns), der vom oberen Meridian (Nullmeridian) aus zählt und damit gegenüber dem Zeitwinkel um 180° längenversetzt ist. Auch das Azimut wird gelegentlich anders definiert; statt der üblichen Gradzählung vom südlichen Fußpunkt des Meridians aus wird der Nordpunkt als Ausgang genommen.)

unsere Betrachtung, in bezug auf die Gradmaß-Chronometer und -B-Uhren, ist in erster Linie der Greenwicher Stundenwinkel von Bedeutung.

Die Zeitverwandlung: Unsere Erde dreht sich bekanntlich in 24 Stunden in ihrer Längsachse um die Sonne und durchstreift dadurch in dieser Zeit alle 360°



4 Sog. Polzeitfigur: Darstellung der verschiedenen Längen (Zeiten oder Winkel) auf dem Himmelsäquator mit Sicht von über dem Nordpol: der Rectascension (α), des Sternwinkels (β), des Zeitwinkels (τ), des östlichen (t_o) und westlichen Greenwich-Stundenwinkels (t_w), des allgemeinen Greenwich-Stundenwinkels (Gt) und des Ortsstundenwinkels (Ot)

Die Rectascension (α), die Geradeaufsteigung des Gestirns, wird jedoch seit über 200 Jahren als Länge vom Widderpunkt aus, bis zum Stundenkreis des Gestirns, im Gegenuhrzeigersinn von $0-360^\circ$ gemessen. Die Addition mit dem Zeitwinkel ergibt die Sternzeit. Man kann daher auch sagen: Unter Sternzeit ($\gamma\tau$) versteht man den Zeitwinkel des Widderpunktes, der dann Sternwinkel (β) ($\beta = 360^\circ - \alpha$) heißt.

Zusammengefaßt: Bei der Bestimmung der geographischen Länge werden unterschiedliche Bezugssysteme zu den Himmels-Koordinatensystemen gewählt. Im Äquator-Koordinatensystem werden als Längenmaße der Stundenwinkel (Ortsstundenwinkel), der Greenwicher Stundenwinkel, der Zeitwinkel (Ortszeitwinkel), die Rectascension und der Sternwinkel benutzt, um spezielle Beobachtungsvorgänge zu beschreiben. Diese Längenmaße des Äquator-Koordinatensystems unterscheiden sich alle nur durch unterschiedliche Bezugspunkte und in der Zählrichtung im Grad- oder Zeitmaß. Für

Längengrade.* Damit ist die feste Beziehung vom Zeitmaß zum Gradmaß hergestellt. Wenn zum Beispiel ein unbekannter Ort eine Zeitdifferenz zur Greenwich-Zeit von minus einer Stunde besitzt, dann liegt der Ort genau $360/24 = 15^\circ$ westlich des Nullmeridian. 1° Längenunterschied entspricht somit $1/15$ Stunde oder 4 Minuten Zeitdifferenz oder $1/15 = 111$ km des Erdumfanges. Ein Bogengrad enthält 60 Bogenminuten und eine Bogenminute entspricht daher einer Zeitdifferenz von 4

* Die 24 Stunden setzen sich zusammen aus der Sternzeit und der Bewegung um die Sonne. Auf den mittleren Sonntag bezogen sind das 24 Stunden minus 236,555361 s (Sekunden pro Tag).

Sekunden; oder, am Äquator gemessen, entspricht sie einer Länge von 1,852 km oder einer daraus abgeleiteten Seemeile. Diese sog. Zeitverwandlung (14) ist ein wichtiges Glied bei allen astronomischen Aufgaben. Im wesentlichen muß also die vom Chronometer abgelesene Zeit (MGZ – jetzt UT = Universal Time) in den Ortsstundenwinkel des beobachteten Gestirns (oder Sonne) umgewandelt werden. Zusammengefaßt sind bei der Umwandlung von Uhrzeit, vom Stundenzeifferblatt in Gradmaß, folgende Grundbeziehungen zu beachten:

$24^h = 360^\circ$, $1^h = 15^\circ$, $4 \text{ min} = 1^\circ$, $1 \text{ min} = 15'$, $4 \text{ sec} = 1'$.

Liest man beispielsweise eine Chronometerzeit von $7^h 37^m 12^s$ ab, dann rechnet sich daraus: $7 \times 15^\circ = 105^\circ$, $37 \text{ m} : 4 = 9^\circ$ Rest $1 \text{ m} = 15'$, $12 \text{ s} : 4 = 3'$. Addiert man die Zwischenergebnisse $105^\circ + 9^\circ + 15' + 3'$, dann ergibt die Uhrzeit $7^h 37^m 12^s$ gleich $114^\circ 18'$ Gradmaß.

Um den Ortsstundenwinkel in Zeitwinkel des Gestirns umzuwandeln, ist bei westlicher Länge der Greenwich-Zeitwinkel des Gestirns von 180° hinzuzuaddieren und bei östlicher Länge der Ortsstundenwinkel von 180° abzuziehen.

Gründe für die Entwicklung der Gradmaß-Chronometer und -B-Uhren

Die Auswertung einer nautischen Beobachtung zur astronomischen Ortsbestimmung dauerte in der Vorelektronik-Ära, und so auch während der 20er und 30 Jahre unseres Jahrhunderts, etwa 20 Minuten bis eine halbe Stunde oder auch länger. Durch die Weiterentwicklung der Flugzeugindustrie und Steigerung der fliegerischen Leistungen (z.B. der Ozeanflug von Lindbergh am 23./24. 5. 1927 über 33 Stunden und 39 Minuten), wurde dringend nach navigatorischen Verbesserungen und Erleichterungen gesucht, um bei dem raschen Ortswechsel, während des Langstreckenfluges, in dem beengten Raum des Cockpits und bei begrenztem Personal, schnell und sicher den Standort zu bestimmen. Es waren damals gerade 2 Umstände zu bemängeln, die die nautischen Berechnungen unnötig komplizierten, verlängerten und zusätzliche Fehlerquellen bedeuteten:

1. Es stand nicht sofort bei der Berechnung des Stundenwinkels das Gradmaß zur Verfügung, um mit den nautischen Tafeln schnell weiterrechnen zu können.
2. Je nachdem, ob die Sonne oder Sterne

zur Beobachtung herangezogen wurden, mußte auch unterschiedlich der Stundenwinkel in Chronometerzeit bzw. Gradmaß verwandelt werden.

Zur Erleichterung und Beschleunigung der Ortsbestimmung erfolgten daraufhin eine Reihe von Änderungsvorschlägen, die beide Hauptmängel beheben sollten: 1. Wenn die Schradersche Sternzeitgleichung in die Berechnung einging (19), dann wäre es gleichgültig, ob die Sonne oder ein Gestirn zur Berechnung des



5 Sternzeit-Marine-B-Uhr von Lange und Söhne Nr. 62274

Zeitwinkels herangezogen würde. Die Schradersche Sternzeitgleichung setzt sich zusammen aus den beiden Größen Rectascension der mittleren Sonne und Rectascension des betreffenden Sternes. Die Differenz von beiden ($m \odot \alpha - \alpha$) ergibt den Größenbetrag der Sternzeitgleichung. Im nautischen Jahrbuch könnten dann durch diese Sternzeitgleichung auch die Tabellen der Geradenauflistung (Rectascension) der Gestirne ersetzt werden. Oder man sollte überhaupt nur die Sternzeit benutzen und in die Berechnung einfügen (entspricht auch dem amerikanischen Vorschlag von 1929 der »Lunar ephemeris for »Aviators«). Es wurden auch zur gleichen Zeit in Deutschland Versuche mit Sternzeitchronometer und Sternzeit-B-Uhren durchgeführt (s. Abb. 5). 2. Lindbergh und Weems schlugen eine Veränderung des Zeifferblattes zur direkten Gradablesung vor (»J. Suisse Horol.« Nov. 1932), und die Fa. Longines verwirklichte ihre Ideen. Sie teilte die 12 Stunden des Zeifferblattes in 180° ein. Mit Hilfe eines verstellbaren zweiten Zeifferblattes konnte

die Zeitgleichung zur sekundengenauen Korrektur der Ablesung einer Beobachtung eingestellt werden. Ausführliche Darlegung der Lindbergh-Uhr in AU (2) und (25). In diesem Zusammenhang entstand auch die Forderung nach entsprechenden Abänderungen, unter Berücksichtigung des Gradmaßes, im Nautischen Jahrbuch.

3. Kpt. Wilhelm Niemann von der Deutschen Versuchsanstalt für Luftfahrt e.V., Berlin-Adlershof, verfolgte schon 1927 (18) ähnliche Vorstellungen und ging dabei noch einen Schritt weiter. Seine Vorschläge waren ein 360° -geteiltes Zeitwinkel-Chronometer (für einen 24-Stunden-Umlauf) mit einem Zeifferblatt aus festen und drehbaren Ringen (Abbildung in (19)). Die festen Ringe waren zum Ablesen der MGZ, die drehbaren Ringe zum Ablesen der Ortszeit oder des Stundenwinkels. Durch dieses System konnte mechanisch die jeweilige Bestecklänge mit der MGZ-zugehörigen Zeitgleichung eingestellt werden. Dieses Einzelstück diente nur Versuchszwecken und wurde, soweit bekannt, wegen seiner Kompliziertheit und noch mechanischen Verbesserungsbedürftigkeit in der Praxis nicht erprobt. Von diesen »radikalen« Änderungen (3), einschließlich der auch besonders von Niemann geforderten Umwandlung des 360° -Kreises in 400° , nahm bald die Marine und später auch die Luftfahrt wieder Abstand.

4. Professor Dr. Werner Immig, Direktor des Oldenburgischen Institutes für Luftnavigation, wies 1932 an Tafelbeispielen nach, daß mit der Umstellung der Gradeinteilung auf dem Zeifferblatt auch konsequenterweise Änderungen, im Sinne von Erleichterung, im Nautischen Jahrbuch folgen müssen. Von ihm stammt auch der Begriff der »Grad-Uhr« (15). So hätte die Gradeinteilung auf dem Zeifferblatt nur Sinn, wenn im Jahrbuch, neben der Greenwicher Zeit, die Abweichung des Gestirns und ihr Greenwich-Zeitwinkel in Gradmaß statt in Stundenmaß eingesetzt wird (13). Nach seinem Vorschlag und dem amerikanischen Vorbild wurde das Aeronautische Jahrbuch 1937 auf den Greenwicher Zeitwinkel und das Gradmaß umgestellt (7). Seine Zeifferblatt-Konstruktion mit Gradeinteilung, wie auch die von Repsold (14) und Friessleben (17), wurden von den Glashütter-Chronometer-Werkstätten der Fa. Lange & Söhne und der Deutschen Uhrmacherschule verwirklicht.

5. Die Amerikaner führten erstmals 1933 durch das Hydrographic Office in Washington im *Nautical Air Almanac* mit den Ephemeriden für alle Gestirne auch den Greenwicher Stundenwinkel ein.



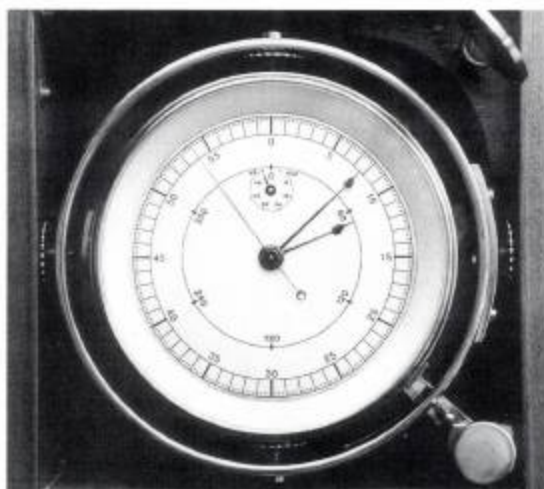
6 Gradmaß-Marine-Chronometer von ALS Nr. 128, geprüft auf der Seewarte am 1.10.1935 (Abb. aus Annal. Hydrog. (21).)

6. Auch von seiten der Deutschen Seewarte, besonders durch ihren Leiter Dr. A. Repsold, und der 1935 gegründeten nautischen Versuchsgruppe von Wissenschaftlern und Nautikern unter der Leitung von Dr. H.C. Freiesleben, wurden bis zum Kriegsbeginn alle künftigen Fragen, die eine Vereinheitlichung, auch mit der Luftfahrt, und eine Vereinfachung der astronomischen Navigation bedeuteten, bearbeitet. Es gingen überzeugende Vorschläge zur Umgestaltung der Nautischen Jahrbücher (7), der Zifferblätter der B-Uhren und Chronometer und auch der Chronometer-Prüfbedingungen auf der Seewarte ein.

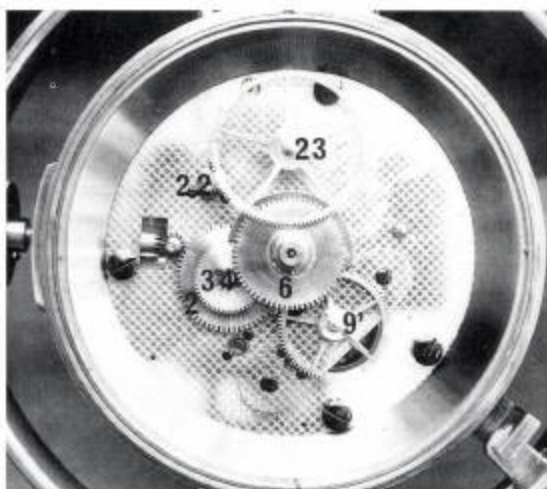
7. Im Januar 1935 trat auch das Luftfahrtministerium mit der Forderung an die Seewarte (21) heran, eine Vereinheitli-



7 Gradmaß-Marine-Chronometer von ALS Nr. 698, geprüft auf der Seewarte am 4.3.1936 (Abb. aus Ann. Hydrog. (21).)



8a Gradmaß-Chronometer der Luftfahrt ALS Nr. 676, mit 360°-Zifferblatt; 2 Gradzeigern, einem Bogenminutenzeiger und Auf- und Ab-Anzeige. Das Chronometer zeigt auf 67°54". Es wurde am 30.11.1934 auf der Seewarte geprüft.



8b Chronometer 676 mit abgenommenen Zeigern und Zifferblatt zeigt die völlig veränderte Anordnung des Zeigerwerkes im Vergleich zum normalen Marinechronometer (vergl. auch Abb. 8e).



8c Abnahme des 1. Gradzeigerrades [6] und des Auf- und Ab-Zeigerrades [22]. Gut sichtbar ist der Eingriff des 2. Gradzeigerrades [5] zum oberen Wechselrad [3].

chung der astronomischen Ephemeriden und der Höhen-Azmut-Tafeln zur Vereinfachung und Vereinheitlichung mit der Marine abzusprechen, und künftig ausschließlich nur noch das Gradmaß zu verwenden. Zu einer Einigung kam es allerdings auch in den nächsten Jahren nicht, so daß sich die Luftfahrt 1937 zu einem eigenen Tafelwerk entschloß.

8. Die immer noch notleidende Glashütter Uhrenindustrie, namentlich die Fa. Lange & Söhne, griff bereits 1932 diese neue Entwicklung auf und unterbreitete auch eigene konstruktive Vorschläge zu den verschiedenen Modellen. So ließ Lange & Söhne z.B. drei bereits früher mit besten Ergebnissen durch die Seewarte ausgezeichnete Marinechronometer Nr. 128 (Abb. 6), Nr. 676 (Abb. 8a-f) und Nr. 698 (Abb. 7) in 3 verschiedene Gradmaß-Chronometer umbauen, davon 2 für die Marine und 1 für die Luftfahrt. Die Hamburger Chronometerwerke waren während dieser Zeit in wirtschaftliche Schwierig-



8d Weitere Abnahme des 2. Gradzeigerrades [5] und 1. Bogenminutenrades [10] mit Kloben [K]. Gut sichtbar der Eingriff vom Minutentrieb [1] in das untere Wechselrad [2].

keiten geraten und konnten sich nur sehr gering an dieser Entwicklung beteiligen. Erst später, nach 1938/39, nach Übernahme durch die Fa. Wempe, erhielt auch diese Firma Aufträge des Reichsluftfahrtministeriums zur Verbesserung der Flieger-B-Uhren. Sie konnten aber in der kurzen Zeit, infolge der politischen Ereignisse, den Entwicklungsstand der Glashütter Industrie nicht mehr einholen.

Die Vorstellungen und Forderungen von den verschiedensten Seiten, von der Marine, Luftfahrt, Seewarte, von Nautikern und Wissenschaftlern, ergaben schließlich so unterschiedliche und teilweise divergierende Modellvorstellungen, daß außer dem Grundkonzept eine recht bunte Palette von Extra-Ausführungen entstand. In der Abb. 9 soll eine Katalogisierung der typischen Ausführungen an Referenzbeispielen vorgestellt werden.

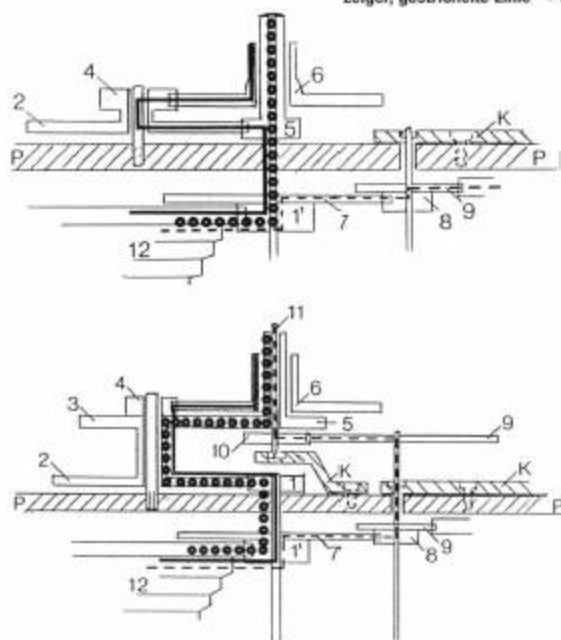
Vollendete Gradmaß-Chronometer und -B-Uhren

1. Das Grundkonzept der Funktionsweise bestand darin: Für die Marine das 12-Stunden-Zifferblatt in ein 180°-Zifferblatt mit Bogenminuten und bei den großen Chronometern noch in Viertel-Bogenminuten-Teilung umzuwandeln; und für die Luftfahrt ein 24-Stunden-Zifferblatt in ein 360°-Zifferblatt zu unterteilen (7). Der ehemalige Stundenzeiger, jetzt Gradzeiger, umläuft bei beiden Grundmodellen einmal das Zifferblatt. Der alte Minutenzeiger, jetzt der 2. Gradzeiger, umläuft einen Kreis von 60°, das heißt, in 4 Stunden einmal das Zifferblatt. Der alte Sekundenzeiger, jetzt Bogenminutenzeiger, benötigt 4 Minuten für einen Umlauf und geht dabei durch 60 Bogenminuten.

2. Das Ablesen der Uhren soll an den Beispielen der hier abgebildeten ALS-B-Uhren der Marine Nr. 95405 (Abb. 11a), der Luftwaffe Nr. 95653 (Abb. 14b) und des Luftwaffen-Gradmaß-Chronometers ALS Nr. 676 (Abb. 8a) demonstriert werden. Alle zeigen, trotz ihrer unterschiedlichen Ausführungen, das gleiche Gradmaß von 67°54'.

Zuerst wird der Gradzeiger (Stundenzeiger) abgelesen. Dabei gilt, wie bei allen 3 Uhren ersichtlich ist, daß man sich die jeweilige Gradzahl, die der Gradzeiger gerade passiert hat, hier die 60°, zuerst merkt. Danach wird der 2. Gradzeiger (Minutenzeiger) im äußeren Zahlenkranz des Zifferblattes abgelesen. Er zeigt hier die Gradzahl an. Der Wert der ersten Ablesung: 60° wird zu der 2. Ablesung: 7° addiert und man erhält das volle Gradmaß. Die 3. Ablesung ist die vom Bogenminutenzeiger (Sekundenzeiger), sie beträgt

hier am äußeren Zahlenkranz 54'. Die Zahlen ergeben zusammengezählt das obige, auf allen 3 Uhren gleiche Gradmaß von 67°54'.



GLASHÜTTE

8e Skizze. Schnitt durch das Zeigerwerk eines normalen Zeitmaß-Chronometers ALS 271 mit Linien – Markierung der Kraftflußwege: durchgehende Linie → Stundenzeiger, groß-gepunktete Linie → Minutenzeiger, gestrichelte Linie → Sekundenzeiger

UHREN

3. Die Zeitverwandlung dieses Gradmaßes in Stundenzahl: 60°:15 ergibt 4 Uhr; 7°:4 min. = 28 Minuten; 54' : 4 sec. = 216 Sekunden = 3 Minuten und 36 Sekunden. Alle Werte zusammengestellt und addiert ergeben ein Stundenmaß von 4^h31^m36^s.

4. Die Sonderkonstruktion der Marine-B-Gradmaß-Uhr Nr. 95403 (Abb. 12a) zeigt ein typisches Gradzifferblatt mit 180°-Teilung und äußerlich denselben Zeigern wie bei der Nr. 95405. Als Besonderheit: Der

8f Skizze. Schnitt durch das Zeigerwerk des Gradmaß-Chronometers ALS 676 mit Markierung der Kraftflußwege: durchgehende Linie → 1. Gradzeiger, groß-gepunktete Linie → 2. Gradzeiger, gestrichelte Linie → Bogenminutenzeiger. Im Vergleich zu Abb. 8f: Die Minutenwelle endet mit dem Trieb [1] auf der Werkplatte [P]. Die Bogenminutenwelle mit Rad [10] sowie die Räder des 2. [5] und 1. [6] Gradzeigers lagern auf getrennten Kloben [K].

9 Zusammenstellung der typischen Merkmale bekannter Gradmaß-Chronometer und -B-Uhren

	Zifferblatt		Zentralzeiger				exzent. Zeiger			
	360°	180°	1.Gr.-Z.	2.Gr.-Z.	B.Min.-Z.	Rattr.	Sek.	B.Min.	Auf u. Ab	
			360°/180°	60°/60°	60s/60°		60s	60°	0-56Std.	
Chronometer										
ALS 128		x		x	x	x	x	x	x	
ALS 676	x		x	x	x	x				x
ALS 698		x		x	x	x	x	x	x	
Chr. W.H. 374		x		x	x	x	x	x	x	
Marine-B-Uhren										
ALS 95402)		x		x	x	x				
ALS 95403		x		x	x	x				
ALS 95405		x		x	x	x				
Luftfahrt B-Uhren										
ALS 82560	x		x		x	x				
ALS 95653	x		x		x	x	x			
ALS 95656	x		x		x	x	x			

Abkürzungen: Gr.-Z. = Gradzeiger, B.Min.-Z. = Bogenminutenzeiger, Rattr. = mit Rattrapante, Sek. = Sekundenanzeige, B.Min. = Bogenminutenanzeige. Zeitminuten wurden mit * markiert, Bogenminuten wurden mit ° markiert und Zeiteinheiten wurden mit s markiert. Chr. W.H. = Chronometerwerke Hamburg, ALS = Adolph Lange & Söhne Glashütte.) entnommen aus Eder (5).

GLASHÜTTE

2. Gradzeiger ist hier wie ein normaler Minutenzeiger übersetzt, so daß er die Minuten im richtigen Stundenmaß zeigt. Der erste Grad- und Bogenminutenzeiger (Sekundenzeiger) zeigt wieder korrekt das Gradmaß in Graden und in Bogenminuten an. Diese Ausführung erinnert etwas an die Lindbergh-Uhr, zumindest was die Ablesung der beiden ersten Zeiger betrifft. Es ist nicht bekannt, warum die B-Uhr in dieser Konfiguration geordnet wurde. Andererseits wurde aber auch bekannt, daß solche Sonderausführungen von Lange & Söhne angefertigt wurden. Alle B-Gradmaß-Uhren, wie diese hier



10 Gradmaß-Marine-Chronometer der Chronometerwerke Hamburg, geprüft auf der Seewarte am 5.5.1936 (Abb. aus Ann. Hydrogr. (21).)

Das Konstruktionsprinzip der Gradmaß-Chronometer und -B-Uhren

1. Besondere Konstruktionsmerkmale am Beispiel des Gradmaß-Chronometers ALS Nr. 676 im Vergleich mit einem ALS-Marinechronometer der Normalausführung.

Das Räderwerk (Laufwerk) des Gradmaß-Chronometers ALS 676 ist identisch mit der klassischen ALS-Marinechronometer-Konstruktion, so wie z.B. beim Marinechronometer ALS 271. Die Zähnezahl, die



11 a Marine-Gradmaß-B-Uhr ALS Nr. 95405 zeigt äußerlich die gleiche Ausführung wie in Abb. 12a. Sie besitzt 180°-Zifferblatt, 2 Gradzeiger und 1 Bogenminutenzeiger. Die Uhr zeigt 67°54".



11 b Werk von 95405 entspricht dem Kaliber 43 der Deutschen Uhrenfabrikation Glashütte und unterscheidet sich nicht vom Werk der 95403.

auch, konnten durch Drücken des Zeiger-verstellstiftes angehalten und somit exakt nach Beobachtung gestellt werden.

5. Weitere Sonderkonstruktionen wurden besonders von der Marine gewünscht, dabei waren einige kaum zu realisierende Vorstellungen, wie z.B. die von Vielhaben (25). Trotzdem wurden Prototypen von sog. Kombinationsuhren (21, 25) und Chronometer (wie die ALS Nr. 128 und 698) hergestellt. Auch die Chronometerwerke Hamburg stellten ein kombiniertes Gradmaß-Chronometer (Abb. 10) her und lieferten es am 5.5.1936 bei der Seewarte ein. Es war wohl bei dieser Sonderanfertigung auch nicht an eine Serienfertigung bei der außerordentlich teuren und komplizierten Herstellung gedacht.

6. Die Luftfahrt unterbreitete Lange & Söhne einen Vorschlag von großer praktischer Bedeutung, der auch voll verwirklicht wurde: das Anbringen eines weiteren zentralen Bogenminutenzeigers als Schleppzeiger (Rattrapante). Das ermöglichte, daß eine Person den oberen Zeiger des Minutenpaares im Augenblick seiner gerade eben durchgeführten Beobachtung, z.B. Höhenmessung mit dem Sextanten, anhalten konnte, während das andere gesamte Zeigerwerk weiterlief. Von der Fa. Longines wurde 1940 ein sog. Siderograph ([6], [7], [20]), eine Grad-B-Uhr, die nach Sternzeit reguliert und mit 1 oder 2 Schleppzeigern versehen war, konstruiert. Damit war auch die Entwicklung der Gradmaß-Uhren mit Schleppzeiger im wesentlichen abgeschlossen. Lediglich die Fa. Ulysse-Nardin stellte in kleinen Stückzahlen, unter dem Namen *Sun Star Chronometer*, von 1956-1959 noch eine Flieger-B-Uhr mit Sternzeit und der Möglichkeit, das Gradmaß abzulesen sowie noch weiteren Indikationen, her (6).



12 a Marine-Gradmaß-B-Uhr ALS Nr. 95403. Äußerlich gleiche Ausführung wie 95405 in Abb. 11 a



12 b Gleiches Werk wie in Abb. 11 b, entspricht DUF Kal. 43

11 c Zeigerwerk von 95405. Deutlich sichtbar der Eingriff des 1. Gradzeigerrades [6] in das 2. Wechseltrieb [14], in gleicher Weise wie bei 95403 in Abb. 12 b.

11 d Abnahme des 1. [6] und 2. [5] Gradzeigerrades und des oberen Klobens [K]. Gut sichtbar der Eingriff von Bogenminutenrad [10] mit dem Kleinbodenrad [9]

11 e Weitere Abnahme des Bogenminutenrades mit Welle [10] des oberen [4] und unteren [2] Wechselrades, sowie des auf das Minutentrieb [1] aufgesetzten Messingtriebes [1'], das mit dem unteren Wechselrad [2] im Eingriff stand; im Vergleich zu 95403 (in Abb. 12 e), wo die Wechselräder [2] und [3] gleich groß sind. Dagegen ist hier bei 95405 das 2. Wechselrad, das den Trieb [4] ersetzt (vergl. Abb. 12 e).

12 c Im Vergleich zu 95405 in Abb. 11 c; das große Wechselrad [3] ist durch das kleine Trieb [4] ersetzt, um die gleiche Übersetzung wie bei einem normalen Minutenzeiger zu erreichen.

12 d Beide Gradzeigerräder [6] und [5] sind abgenommen und liegen neben dem Werk. Es ist deutlich erkennbar, daß das 2. Stahl-Gradzeigerrad kleiner ist als bei 95405. Das erklärt auch das unterschiedliche Übersetzungsverhältnis, s. Text.

12 e Die Wechselräder und die beiden kleinen Kloben sind entfernt und liegen neben der Uhr. Sehr deutlich ist das unterschiedliche Übersetzungsverhältnis durch die Größenunterschiede der Räder und Triebe zu sehen.

Übersetzung und der Außendurchmesser der Räder und Triebe sind in Tab. 1 wiedergegeben. Ebenso ist die Anzeige der Gangreserve bei beiden Chronometern gleich: Es greift das 12-zählige Trieb auf der Schneckenwelle in ein 120-zähliges Rad, auf dessen Rohr der Zeiger für die Auf- und Ab-Anzeige sitzt.

Für das Gradchronometer ist das Zeigerwerk vollständig anders konstruiert und es lassen sich die beiden Gradzeiger von außen durch einen Eingriff (Trieb) am unteren Wechselrad vor- und zurückbewegen. In Abb. 8 e und 8 f sind schematische Schnitte durch ein normales Marinechronometer (ALS Nr. 271) und das 360° Gradmaß-Chronometer ASL Nr. 676 zu sehen. Beim klassischen Chronometer sitzt der Minutenzeiger auf dem Minutenrohr [5] (Viertelrohr), welches fest im Konus mit der Minutenwelle verbunden ist. Der Stundenzeiger sitzt auf dem Stundenrohr [6] mit Stundenrad. Dieses wird von dem 14-zähligen Minutenwellentrieb [5] über ein Wechselrad [2] mit 56 Zähnen durch das Wechseltrieb [4] mit 18 Zähnen angetrieben. Die Gesamtübersetzung ist



11 c

12 c



11 d Δ

11 e ▽

12 d Δ

12 e ▽



GLASHÜTTE

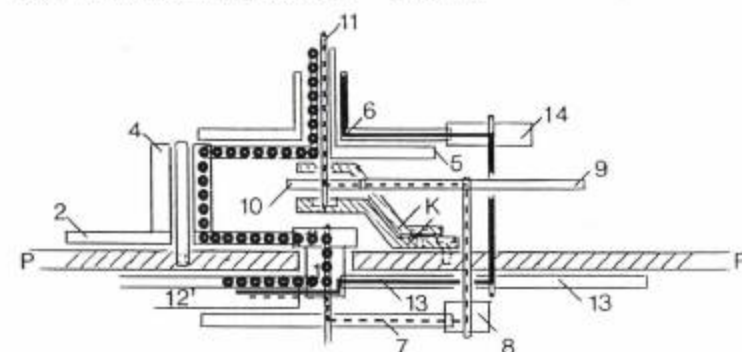
also 1:12, wie regulär bei anderen 12-Stunden-Zifferblättern üblich. Beim Gradmaß-Chronometer ist das Zeigerwerk grundlegend anders konstruiert:

Die Minutenwelle ist gekürzt und endet oberhalb der Platine mit dem Minutentrieb [1]. Über 2 Wechselräder [2] und [3] und ein Wechseltrieb [4] wird das erste Gradrohr (analog dem Stundenrohr) und das zweite Gradrohr (analog dem Minutenrohr) angetrieben. Der Bogenminutenzeiger (analog einem zentralen Sekundenzeiger) sitzt auf einer kurzen zusätzlichen

mit dem Minutenrad [7] mit 90 Zähnen im Eingriff.

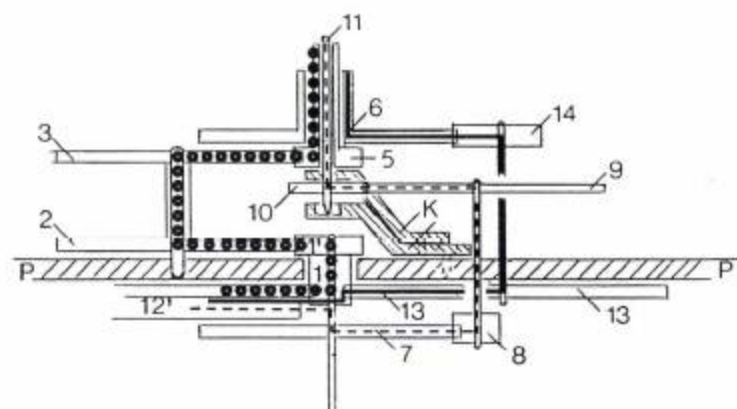
Zusammengefaßt verläuft der Kraftfluß zu den einzelnen Zeigern über folgende Eingriffe:

Zum 1. Gradzeiger, vom Minuten-(Viertelrohr-)trieb → 1. Wechselrad → Wechseltrieb → Rad des 1. Grad-(Stunden-)rohres → 1. Gradzeiger. Übersetzung: 24:1, d.h., wenn sich die Minutenwelle 24mal dreht, dann dreht sich der 1. Gradzeiger einmal (in 24 Stunden = 360° Gradmaß).



11f Schnitt-Skizze. Kraftflußwege bei 95405. Markierungen wie in Abb. 10f

12f Schnitt-Skizze. Schematische Darstellung der Kraftflüsse zu den Zeigern bei 95403. Markierungen s. Abb. 8f



Welle, die in einem Rubinlochstein auf einem separaten Kloben [K] lagert. Das an der kurzen Welle [11] klobennah befestigte Zahnrad [10] mit 42 Zähnen greift in ein zweites Zwischenrad [9] mit 84 Zähnen. (Bei den Chronometern wird das Kleinbodenrad häufiger Zwischenrad genannt, deshalb verwenden wir hier bei den Chronometern auch den Ausdruck Zwischenrad.) Das zweite Zwischenrad [9] ist auf die Zwischenradwelle oberhalb der Platine aufgesetzt. Das Zwischenradtrieb [8] mit 12 Zähnen steht, wie üblich, im Laufwerk

Zum 2. Gradzeiger, vom Minuten-(Viertelrohr-)trieb → 1. Wechselrad → 2. Wechselrad → Rad des 2. Grad-(Viertel-)rohres → 2. Gradzeiger. Übersetzung: 4:1, d.h., wenn sich die Minutenwelle 4mal dreht, dann dreht sich der 2. Gradzeiger einmal (oder in 24 Stunden 6mal). Zum Bogenminutenzeiger, vom Minutenrad des Laufwerkes → Zwischenradtrieb → 2. Zwischenrad → Bogenminuten-(Sekunden-)rohr → Bogenminutenzeiger. Übersetzung: 1:15, d.h., wenn sich die Minutenwelle einmal dreht, dann dreht

sich der Bogenminutenzeiger 15mal (oder pro Bogenrad, bzw. in 4 Minuten einmal).

2. Besondere Konstruktionsmerkmale am Beispiel der Marine-Gradmaß-B-Uhren ASL Nr. 95403 u. 95405 (Abb. 11a-f u. 12a-f).

Beide Marine-Gradmaß-B-Uhren in Nickel-Stahl-Gehäusen haben Werke der Deutschen Uhrenfabrikation A. Lange & Söhne Glashütte. Ihre Kaliber messen 43 mm, der Durchmesser ihrer Gradzifferblätter beträgt 51,4 mm. Das Laufwerk und die Platinen entsprechen der typischen Ausführung und Konstruktion der Normalausführung dieses Kalibers.

Die Hemmungspartei besteht bei beiden Uhren aus einem Glashütter Goldanker und Stahlankergrad; die Unruhendurchmesser betragen über den Schrauben gemessen 16,4 mm; die Spiralen zeigen Außen- und Innenkurven.

Beide Zeigerwerke sind für die Gradindikation grundlegend verändert, wobei sich die Gradmaß-B-Uhr 95403 (im folgenden nur als 95403 bezeichnet) noch von der 95405 unterscheidet. Bei der 95405 sind alle Zeiger auf Gradmaß übersetzt; nicht so bei der 95403, wo der 2. Gradzeiger als regulärer Minutenzeiger zum Ablesen in Zeitmaß übersetzt ist. Er dreht sich 12mal, wenn der 1. Gradzeiger einmal umläuft. Ein Umlauf des 2. Gradzeigers beträgt 15° bzw. 1 Stunde oder 60 Minuten im Zeitmaß. Dagegen entspricht 1 Umlauf des 2. Gradzeigers bei der 95405 60° bzw. 4 Stunden im Zeitmaß. Mit dem 2. Gradzeiger ist also eine Feinablesung der Grade möglich, während mit dem 1. Gradzeiger die Grade unter 15° nur interpoliert werden können. Ein Umlauf des 1. Gradzeigers zeigt bei beiden Uhren 180° an und ist deshalb im Vergleich zum 360°-Gradmaß-Chronometer 676 und den beiden Luftfahrt-B-Ambanduhren 95653 und 95656 nur halb so groß übersetzt. Die Bogenminutenzeiger beider Marine-B-Uhren durchlaufen bei einer Umdrehung 60 Bogenminuten oder 1 Grad. Die Übersetzung zum 1. Grad-(Stunden-)rohr [6] erfolgte beim Chronometer 676 in einem mit der 2. Gradanzeige kombinierten doppelten unteren [2] und oberen Wechselrad [3] mit Trieb [4]. Bei beiden Gradmaß-B-Uhren ist das Wechselrad [13] mit Trieb [14] für die 1. Gradanzeige getrennt auf einer Welle aufgesetzt und wird vom Trieb der Minutenwelle [1] angetrieben. Die Minutenwelle endet hier, wie auch bei dem Chronometer 676, im Gegensatz zu den normalen Chronometern und Uhren, mit dem Trieb [1'] und Zapfen in der Werkplatte.

GLASHÜTTE

Die Übersetzung zum 2. Grad-(Minuten-)rohr [5] erfolgt über 2 Wechselräder [2] und [3], angetrieben von dem aufgesetzten Trieb [1] der Minutenwelle. Sie beträgt für die 95405, wie auch beim Gradmaß-Chronometer 676, 1:4; und bei der 95403 1:1 für die Minutenanzeige. Der Aufbau der Zeigerwerke ist in den Abbildungen [11c–11e] und in den Skizzen [11f und 12f] zu sehen.

(entspricht 360°) für einen Umlauf, auf 12^h oder 180° erfolgt.

Die 95403 unterscheidet sich von der 95405 noch durch eine Beschleunigung der Umlaufgeschwindigkeit des 2. Gradzeigers um das 4fache. Ein Umlauf beträgt dann 60^{min} . Deshalb ist die Gradmaß-Uhr auch zum Ablesen der normalen Zeit geeignet. Die Richtungen und Stationen der Kraftflüsse zu den 3 Zeigern entspre-

ger-Kombination getragen. Die Gehäuse bestanden aus Silber oder (häufiger) aus einer Nickel-Stahl-Legierung. Die Werke entsprachen der DUF-Ausführung, jedoch in gleich hoher Qualität, wie bei den Marine-Grad-B-Uhren schon beschrieben. Die schwarzen Zifferblätter mit Leucht-Gradeinteilung und -Ziffern besitzen einen Durchmesser von 51,4 mm (entspricht auch dem Durchmesser der Ziffer-



Linke Seite von oben nach unten:

13a Flieger-Gradmaß-B-Uhr-Doppelchronograph ASL Nr. 95656, mit schwarzem Zifferblatt, 360° -Teilung und 0–60-Bogenminutenteilung im äußeren Zahlenkranz. Alle Zahlen und Teilstriche in Leuchtfarbe. 4 Zeiger: Gradzeiger, 2. Gradzeiger, 1. Bogenminutenzeiger, 2. Bogenminutenzeiger (= Schleppzeiger). Die Zeiger stehen auf $67^{\circ}54''$.

13b Werk von 95656 der Deutschen Uhrenfabrikation Glashütte Kaliber 43, mit Staubschutzring im Fliegerarmbanduhr-Gehäuse aus Stahl

13c Unter dem Zifferblatt wird teilweise das Zeigerwerk durch eine kleine zusätzliche Platine [P_{kl}] verdeckt. Hebel, Zange [20] und Schalttrah [21] vom Rattrapante-Mechanismus sind gerade sichtbar.



Rechte Seite:

14a Flieger-Gradmaß-B-Uhr-Doppelchronograph ALS Nr. 95653. Er entspricht dem Äußeren nach der 95656, wie in Abb. 13a. Lediglich ist das Zifferblatt um $\frac{1}{4}$ gedreht, so daß hier die Anzeige von 15 Bogenminuten unter dem Aufzug liegt.

14b Werk von 95653 entspricht einer DUF Kal. 43, aber mit sichtbarem Rattrapante-Mechanismus auf der oberen $\frac{1}{4}$ -Platine. Gut sichtbar sind auch das Schalttrah [21], die Radanhaltezeiger [20], das Doppelchronographenrad [19] und das Chronozentrumsrad [10] unter der Chronographenbrücke [K_{al}].

14c Nachdem das Zifferblatt entfernt ist, erkennt man das 1. Gradzeigerrad [6] im Eingriff mit dem Wechseltrieb [4]. Darunter befindet sich das große Wechselrad [2], alle übrigen Teile des Zeigerwerkes befinden sich unter der zusätzlichen $\frac{1}{2}$ -Platine [P_{gr}].



Zusammenfassung: die zwei 180° -Marine-Gradmaß-B-Uhren haben identische DUF-Werke, aber verschiedene Zeigerwerke. Die 95405 besitzt ein ganz ähnliches Zeigerwerk wie das Gradmaß-Chronometer 676, jedoch mit dem Unterschied, daß das Wechselrad mit Trieb für die Übertragung auf das 1. Grad-(Stunden-)rohr über eine separate Beisatzwelle läuft und die Übersetzung, statt auf 24^h

chen denen des Gradmaß-Chronometers 676.

3. Besondere Konstruktionsmerkmale am Beispiel der Luftwaffen-Gradmaß-B-Uhren in der Ausführung als Gradmaß-Doppelchronographen ASL Nr. 95603 und 95605 (Abb.: 13a–14f).

Diese »Flieger-Grad-Uhren« (Immler) wurden, wie üblich bei den Flieger-B-Uhren, am Lederarmband über der Flie-

blätter der Marine-Gradmaß-B-Uhren und auch der 48er-Kaliber B-Uhren mit Auf- und Ab-Anzeige).

Das Zeigerwerk einer einfachen »Flieger-Grad-Uhr« (z.B. als ALS 82574) zeigt außer der veränderten Stundenübersetzung für ein 360° -Zifferblatt keine weiteren Besonderheiten im Vergleich zu den Marine-Gradmaß-B-Uhren. Hier sollen dagegen nur die »Flieger-Grad-Uhren« in



13d



14d



13e

13d Nach Abnahme der kleinen Platine [P_{kl}] ist gut zu sehen das große 1. Gradzeigergerad [6], mit Eingriff in das Wechseltrieb [4], mit dem das Wechselrad [3] durch ein gemeinsames Rohr verbunden ist. Dieses sitzt lose auf dem verlängerten Federkern, ist aber fest mit dem Federhaus verbunden und dreht sich so mit dem Federhaus.

13e Nach Abnahme des 1. und 2. Gradzeigergerades ist der obere Kloben [K] für das 1. Bogenminutenrad [10] mit Rohr und Welle des 2. Bogenminutenzeigers [18] sichtbar. Ebenso ist der Eingriff vom 1. Bogenminutenrad [10] in das Kleinbodenrad [9] gut zu sehen.

der besonderen Ausführung als Doppelchronograph (Chronographie Rattrapante) mit 4 Zeigern kurz besprochen werden. Die ersten 3 Zeiger: Der 1. Gradzeiger, der 2. Gradzeiger und der 1. Bogenminutenzeiger haben im Prinzip die gleichen Übersetzungsverhältnisse wie das Gradmaß-Chronometer ASL 676. Der Übertragungsmodus des Kraftflusses auf die Zeiger ist jedoch durch den zusätzlich eingebauten Rattrapante-Mechanismus völlig unterschiedlich. A. Lange & Söhne konstruierten noch 2 verschiedene Ausführungen der Flieger-Gradmaß-Doppelchronographen:

erstens mit Rattrapante-Mechanismus auf der oberen Platine, also sichtbar nach geöffnetem Gehäuse-Rückdeckel (95653) (Abb. 14b); zweitens mit Rattrapante-Mechanismus unter dem Zifferblatt auf der unteren Werkplatte (95656) (Abb. 13b). Diese 2 Ausführungen bedingten zwangsläufig eine unterschiedliche Übertragung auf die Zeiger. Beim Flieger-Gradmaß-Doppelchronographen ASL 95653 wurde die Kraft im Werk von einem exzentrisch liegenden Großboden-(analog Minuten-)trieb [1] mit Eingriff in der Federhausverzahnung [12], über das Großbodenrad [7] auf ein erstes Übertragungsrad [15] und auf das zentral liegende 2. Gradzeiger-(Minuten-)rohr [5] übertragen. Dieses ist mit einem darunterliegenden Trieb [1'] der zentralen durchbohrten Welle konisch fest verbunden. Von da aus wird über ein Wechselrad [2] mit Trieb [4] das 1. Gradzeiger-(Stunden-)rohr [6] angetrieben. Der Antrieb der Bogenminutenzeiger erfolgt hier erstmals über das Sekundenrieb [14], das auf der Gegenseite des Werkes, auf der 1/4-Platine, unter der Doppelchronographenbrücke liegt. Die Welle des zentralen Schleppzeigers (2. Bogenminutenzeiger) [18] ist fest mit dem Doppelchronographenrad [19] verbunden und lagert in einem getrennten Kloben [K]. Hier greifen auch die Radanhaltezeiten [20] auf das Doppelchronographenrad. Die Mitnahme des Schleppzeigers erfolgt wie üblich über ein Stiftröllchen mit Sitz im Doppelchronographenherz. Schematisch ist die Kraftübertragung in der Abb. 14f wiedergegeben. Die kreisrunde Räderanordnung wurde hier zur besseren Übersicht, gewissermaßen auseinandergefaltet, in einer Ebene dargestellt. Die Schnitte A' und A gehören zusammen.



14e

14d Nach Abnahme der Platine [P_{gr}] sieht man das restliche Zeigerwerk.

14e Nach Abnahme des ersten Gradzeigergerades [6] sieht man gut das 2. Gradzeigergerad [5] im Eingriff mit dem großen Zwischenrad [15] zum Trieb des für diesen Bautyp charakteristischen, exzentrischen Minutenriebes [1'], das seine Kraft von den Zähnen des Federhauses übertragen bekommt. Vom Minutenrad [7] erfolgt der Antrieb über ein weiteres Zwischenrad [16] auf das Sekundenradtrieb [8] und danach auf das Chronozentrumsrad zum 1. Bogenminutenzeiger.

Sämtliche Zapfen des Zeigerwerkes lagern nach der Zifferblattseite hin, unter einer zusätzlichen großen 1/4-Platine [P_{gr}]. Beim Flieger-Gradmaß-Doppelchronographen ASL 95656 liegt der Rattrapante-Mechanismus, wie auch die Übersetzung auf die zwei Bogenminutenzeiger und die zwei Gradzeiger, unter dem Zifferblatt. Die Bogenminutenwelle für den Schleppzeiger [18] endet mit dem Doppelchronographenrad [19] noch vor der Werkplatte und wird in dem untersten der 2 aufeinandergeschraubten kleinen Kloben [K] geführt. In dem zweiten, daraufsitzen-

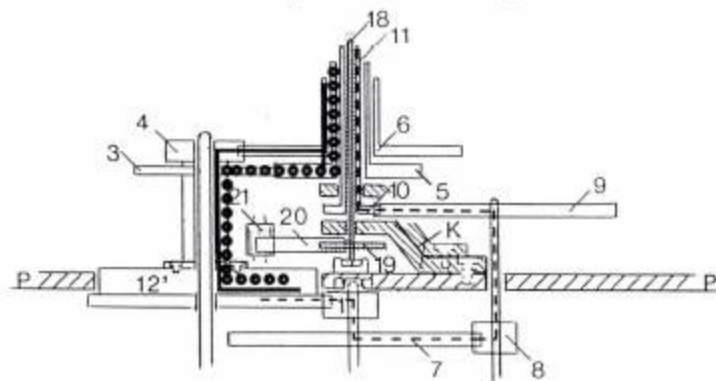
Kloben werden zusätzlich die Röhre des 1. und 2. Gradzeigers geführt. Der 1. Bogenminutenzeiger wird durch ein Rohr mit Rad [10] vom Kleinbodenrad [9] über dessen Trieb [8], das mit der Federhausverzahnung [12'] in Eingriff steht, angetrieben. Der 1. Gradzeiger erhält seinen Antrieb, wie beim Chronometer 676, über ein Wechselrad [2] mit Trieb [4], und der 2. Gradzeiger über das gleiche [2] und noch ein 2. Wechselrad [3]. Aber als Besonderheit ist hier die durchbohrte Welle der Wechselräder und des Triebes fest mit dem Federhaus verbunden, geführt durch eine verlängerte Federhauswelle. Dadurch wird direkt die Kraft des sich drehenden Federhauses auf die Zeiger übertragen. Es ist eine sehr seltene, aber sehr sichere Variante, derer sich hier die Glashütter Virtuosen der Uhrmacherkunst bedienten. Die zwei unterschiedlichen, delikaten Ausführungen der Doppelchronographen-Mechanismen sind ein sehr reizvolles Thema, es kann hier aber leider nicht Gegenstand weiterer Erörterungen sein.

Zusammenfassung: Das hier besprochene Gradmaß-Chronometer, die beiden Marine-Gradmaß-B-Uhren und beide Flieger-Gradmaß-B-Uhr-Doppelchronographen haben hochfein vollendete Werke aus den entsprechenden Produktionsserien und besitzen, dem Prinzip nach, gleiche Über-

dem 2. Gradzeiger kombinierte Wechselrad mit Trieb zum 1. Grad-(analog Stunden-)rohr. Nur bei der Marine-B-Gradmaßuhr 95403 erfolgt der Kraftfluß durch ein getrenntes, über eine Beisatzwelle laufendes Wechselrad, mit Antrieb von einem zweiten Minutentrieb.

Zum 1. Bogenminutenzeiger (analog dem Sekundenzeiger) erfolgt bei allen Uhren und dem Chronometer, mit Ausnahme des Flieger-Gradmaß-Doppelchronographen 95653, der Kraftfluß über das Kleinbodenrad; bei diesem Doppelchronographen dagegen über das Trieb der Sekundenwelle.

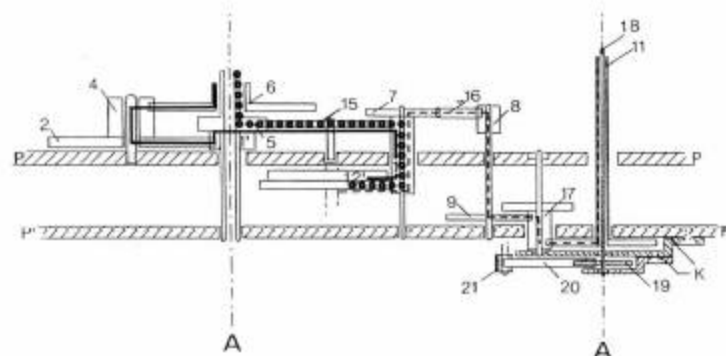
Betrachtet man diese kunstvollen Konstruktionen zusammenhängend, so darf wohl hier zu Recht der lateinische Spruch



131 Schnitt-Skizze durch das Zeigerwerk der 95656. Die Kraftflußwege zu den Zeigern sind markiert: durchgehende Linie → 1. Gradzeiger, groß-gepunktete Linie → 2. Gradzeiger, gestrichelte Linie → 1. Bogenminutenzeiger, klein-gepunktete Linie → 2. Bogenminutenzeiger (Schleppzeiger)

links:

141 Schnitt-Skizze durch das Zeigerwerk der 95653. Die Kraftflußwege sind markiert wie in Abb. 131. In der Skizze wurde das Räderwerk zur besseren Übersicht entfaltet gezeichnet. Die Schnittebene A' gehört in Schnittebene A, so daß sich das Räderwerk bogenförmig, wie in Abb. 14e gut zu sehen, anordnen kann.



setzungsverhältnisse auf das Zeigerwerk. Lediglich der 1. Gradzeiger (analog dem Stundenzeiger) ist dabei entsprechend dem 360°- oder 180°-Zifferblatt anders übersetzt, und der 2. Gradzeiger (analog dem Minutenzeiger) ist bei der Marine-Gradmaß-B-Uhr 95403 so übersetzt wie ein normaler Minutenzeiger, läuft also 4mal schneller um als die üblichen 2. Gradzeiger bei Gradmaß-Uhren. Ganz anders verhalten sich die Wege des Kraftflusses: Zum 1. Gradzeiger erfolgt der Kraftfluß bei allen Uhren und dem Chronometer vom Minutentrieb aus, über das mit

»Variatio delectat«, die Vielfalt erfreut, zitiert werden.

Prüfungen der Gradmaß-Chronometer und -B-Uhren

Die Chronometer und B-Uhren wurden teils regulär in den Wettbewerben der Seewarte eingehend geprüft oder durch die gleiche Institution Sonderprüfungen unterzogen. Von den hier angeführten Instrumenten wurde das Chronometer ALS Nr. 676 in der

te bedeutete für eine geographische Längenmessung eine Abweichung von 4,19 Bogensekunden, also nur 48,15 m, das entspricht einer kleinen Bootslänge. Diese Gangergebnisse entsprechen einer fast unvorstellbaren Präzisionsarbeit der Glashütter Chronometermacher. Dabei war dieses Chronometer von 18 zur gleichen Zeit auf der Seewarte geprüften Chronometern »nur« das drittbeste. Die beiden ersten Chronometer von ALS hatten eine noch geringere Gangabweichung. Gradchronometer Nr. 676 wurde dann endgültig am 22. 10. 1935 an das Reichsministe-

GLASHÜTTE

rium für Luftfahrt verkauft, nachdem es am 16.10. 1935 nochmals von P. Thielemann einer Abschlußreglage unterzogen worden war. Dieses unikale Instrument tauchte 1977 im Handel auf (Fa. Huber, München, s. »Alte Uhren« H.1, 1978, »Uhren von Lange und Söhne« 5. Aufl. S. 99, und v. Bertele: Marinechronometer S. 310).

Das Gradmaß-Chronometer ALS Nr. 698 wurde im Oktober 1935 an die Seewarte eingeschickt, dort einer Sonderprüfung unterzogen und, wie das Gradmaß-Chronometer ALS Nr. 128, vom April bis Mai 1936 durch den Leiter der Seewarte Dr. A. Repsold auf einer Westindienreise praktisch erprobt. Das Chronometer ALS Nr. 128 war bereits 1912/13 zur 35. Wettbewerbsprüfung von der Seewarte als normales Marinechronometer geprüft worden. 1935/36 wurde es mit verändertem Zeigerwerk und Gradzifferblatt ausgerüstet und am 4. März 1936 der Seewarte eingeliefert. Die Unterschiede zwischen diesen 2 Gradmaß-Chronometern sind in der Tab. 1 und in den Abb. 8 e und Abb. 8 f zu erkennen.

Weitere praktische Erprobungen auf hoher See wurden im gleichen Jahr (1935) durchgeführt, so an Bord eines Hapag-dampfers der Norddeutschen Lloyd und von Schiffen der Reichsmarine, die auch Gradmaß-B-Uhren in Verbindung mit neuen nautischen Tabellen auf praktische Tauglichkeit prüften (7). Die Prüfung einer weiteren größeren Serie von Gradmaß-Chronometern und -B-Uhren in Verbindung mit neuen Tabellen und anderen neuen nautischen Instrumenten fand 1937 auf der Deutschen Nordatlantischen Expedition auf dem Vermessungsschiff »Meteor« statt. Die nautische Versuchsgruppe der Deutschen Seewarte führte im Auftrag des Oberkommandos der Kriegsmarine dazu umfassende Untersuchungen durch.

Im Vordergrund des Interesses stand die Erprobung der neuen nautischen Tafelwerke mit Ersatz des Zeitmaßes durch das Gradmaß mit Hilfe der neuen Chronometer und B-Uhren in den verschiedensten Modellen, sowohl der Gradzifferblätter wie auch der unterschiedlichen Zeigerwerk-Übersetzungen. Zu den Erprobungen gehörten auch ein neuartiger künstlicher Horizont (Kreiselhorizont nach Anschütz) und neue Sextanten.

Nach den nautischen Berichten von Admiral Dr. Conrads und dem Kapitän-Leutnant W. Nauendorff (5, 17) verlief die Umstellung auf den Gebrauch und Umgang mit den neuen Instrumenten bei dem Steuermannspersonal ohne große Schwierigkeiten.

Bezeichnung	Außen- durchmesser	Zähne- zahl	Über- setzung
<u>Laufwerk bei ALS 271 und 676</u>			
Schneckenrad	41,55	112	} 8
Minutentrieb	5,7	14	
Minutenrad	33,5	90	} 7,5
Zwischentrieb	5,0	12	
Zwischenrad	24,35	80	} 8
Sekundentrieb	3,5	10	
Sekundenrad	22,7	80	} 8
Gangtrieb	3,25	10	
Gangrad		15	} 10
Auf- und Abtrieb	3,8	12	
Auf- und Abrad	33,75	120	
<u>Zeigerwerk bei ALS 271</u>			
Viertelrohr	5,7	14	} 4
Wechselrad	21,35	56	
Wechseltrieb	7,0	18	} 3
Stundenrad	20,05	54	
<u>Zeigerwerk bei ALS 676</u>			
2. Gradrohr [5] (anal.Viertelr.)	25,55	48	Über- setzungs- verhältnisse siehe Text
oberes Wechselrad [3]	15,5	54	
unteres Wechselrad [2]	24,05	63	
oberes Minutentrieb [1']	5,7	14	
1. Gradrad [6] (anal.Stundenrad)	13,9	64	
Wechseltrieb	5,0	12	
Bogenminutenrad [10]	12,7	42	
oberes Zwischenrad [9]	24,85	84	

»Im Vordergrund des Interesses stand hierbei die Erprobung neuer Tafelwerke zum Zwecke der Vereinfachung der astronomischen Navigation, des Gewinnens weiterer, möglichst gesicherter Urteile über den Ersatz der Zeitrechnung durch Gradmaßrechnung und die Erprobung

künstlicher Horizonte im Bordbereich in Verbindung mit Sextanten...« (3). An den Versuchen waren sämtliche Wachoffiziere, die Leutnants zur See, die Obersteuerleute und Steuermannsmaat beteiligt. Es wurden täglich 2 Sonnenbeobachtungen durchgeführt. Jeder einzelne Be-

obachter mußte dabei eine Serie von 6 Messungen durchführen. Ebenso verliefen nachts die Gestirnsbeobachtungen. Die so gewonnene sehr große Zahl von Einzelbeobachtungswerten wurde auf dem Schiff nur stichprobenartig ausgewertet. Die endgültige Analyse erfolgte in der Seewarte.

Chronometerganggenauigkeit und Streubreite der astronomischen Ortsbestimmung

In diesem Zusammenhang ist natürlich von größtem Interesse, ob diese extreme Präzision der Chronometer zur gesamten Fehlerbreite der astronomischen Ortsbestimmung in einem vernünftigen und notwendigen Verhältnis steht. Bertele ((1) auf Seite 336) konnte, trotz seiner Bemühungen und Anfragen im Greenwich-Observatorium, keine befriedigende Antwort auf die Frage der Streubreite der üblichen herkömmlichen astronomischen Ortsbestimmung erhalten.

Zu diesem Problem nahm 1938 Freiesleben (8), im Zusammenhang mit der beabsichtigten Umstellung auf Gradzifferblätter und Änderung der nautischen Tafeln, ausführlich Stellung. Auch von anderen führenden Nautikern, nicht zuletzt von Admiral Dr. F. Conrads (3), wurde außerdem die Frage aufgeworfen, ob zur astronomischen Ortsbestimmung die sphärisch-trigonometrischen Rechnungen vier- oder fünfstellig durchgeführt werden sollen.

Aus gutem Grund hatte man sich schon um die Jahrhundertwende entschlossen, die Rechnung nach der Semiversusformel funfstellig vorzunehmen, um die Abweichung der astronomischen Ortsbestimmung unter 2 Bogenminuten Fehlerbreite zu halten. Kohlschütter berechnete schon 1902 die einzelnen Fehlerkomponenten. Es fiel auf die Ungenauigkeit der Sextantenablesung $\frac{1}{2}$ Bogenminute; auf unscharfe Erfassung des Horizontes (Kimm) infolge der Temperaturunterschiede von Luft und Wasser $\frac{1}{4}$ Bogenminute und auf den durchschnittlichen subjektiven Beobachtungsfehler etwa 1 Bogenminute. Diese Berechnung bestätigte ausdrücklich 1933 und 1937 Admiral Conrads (3, 4) und befand einen Genauigkeitsgrad von etwa 4 Minuten je Messung für ausreichend, und daß auch gelegentlich mit bis zu 6 Minuten Abweichung zu rechnen ist. Er hielt jedoch fest, daß unter optimalsten Beobachtungsbedingungen eine Fehlerbreite von nur 0,62 Bogenminuten erreichbar sei.

Daraus ergibt sich die Antwort auf die eingangs gestellte Frage von selbst: Es mußte eine extreme Genauigkeit der Chronometer gefordert werden, um die ohnehin schon relativ großen Fehler bei der Beobachtung, der Instrumentenhandhabung und dem Rechengang unter Verwendung der nautischen Tafeln nicht noch mehr zu vergrößern.

So kam zusammenfassend Dr. Repsold auf Grund der praktischen Prüfungen, einschließlich der Genauigkeitskriterien, zu dem Ergebnis, daß damit die Ausführungen der Gradmaß-Chronometer und -B-Uhren mit der Form des Gradzifferblattes und den Indikationen »festgelegt« seien, und nach dem 63. Bericht (1937) der Seewarte damit ebenfalls »die Entwicklung« der Gradmaßchronometer abgeschlossen sei.

Endgültige Stellungnahme der Marine und Luftfahrt zur Übernahme der Gradmaß-Chronometer und -B-Uhren

Die Marine konnte sich schließlich nicht endgültig für die Übernahme der damaligen »neuzeitlichen Navigation« entscheiden. Zunächst bestand allgemein eine sehr zurückhaltende Meinung zur Annahme der Gradzifferblätter, weil die nautischen Tabellen noch nicht in konsequenter Weise auf das Gradmaß umgestellt wurden. Ebenso standen in kürzester Zeit nicht genügend Instrumente zur Verfügung, da auch bei größter Ausnützung aller Fertigungsmöglichkeiten der Chronometerwerkstätten der Bedarf nicht für alle Handels- und Kriegsschiffe gedeckt werden konnte. Auch zu dem Kompromiß, ähnlich wie im amerikanischen Nautica Almanac und dem britischen Air Almanac, auch bei den deutschen Nautischen Tafeln der Marine beide Maße gleichzeitig mit aufzunehmen, konnte sich die Marineleitung nicht durchringen. Nach Admiral Dr. F. Conrad (1938) wird »nur schwer ein seebefahrener Kapitän von Methoden abgehen und Instrumente verwerfen, mit deren Hilfe er während eines langen Dienstes mit Sicherheit über See gekommen ist«. Dieser Satz spiegelt die allgemeine Meinung sehr deutlich wieder.

Zur gleichen Zeit war auch von einigen Nautikern, zuerst besonders von Niemann (18), die Umstellung der 360° -Kreis-Teilung auf die 400° dezimale (»Neugrad«-) Teilung gefordert worden. Es gab auch schon dafür 1938 ein DIN-Blatt: Nr. 1315. Auf die hochinteressante Diskussion bei den Nautikern kann hier nicht eingegan-

gen werden. Wie Otto Thielmann wußte (23), wurden zu dieser Zeit auch in Glashütte bereits Versuchs-Chronometer mit Neugradzifferblättern hergestellt.

Gegen die unmittelbare Einführung der Gradmaß-Chronometer, -B-Uhren, des Nautischen Jahresbuches und auch in diesem Zusammenhang gegen die Umstellung auf die dezimale 400° -Teilung sprachen zusammengefaßt folgende Gründe:

1. Didaktische Gründe:

Die bekannte Eigenschaft des Kreises von 360° (beim Zifferblatt und der Kompaßrose), seinen Umfang mit seiner Radiuslänge in ein Sechseck zu unterteilen, ginge bei einer 400° -Kreisteilung verloren. Statt der gewohnten Unterteilung in $6 \times 60'$ müßte die $400'$ -Unterteilung in $6 \times 66,667'$ Neugrad erfolgen. Viele weitere Rechnungen bei der astronomischen Ortsbestimmung, so besonders bei der »Zeitverwandlung«, (s.d.) müßten in andere Beziehungen gebracht werden. Man verlore auch die bisherige Beziehung in der Entfernungsmessung von einer Bogenminute = 1 Seemeile. Statt dessen wäre dann ein Hundertstel Neugrad = 1 Neuminute gleich der 400 000. Teil des Erdumfanges und entspräche 1 km. (Gerade diese letzte Tatsache wurde auch von den Befürwortern des Dezimalsystems hervorgehoben, ohne dabei deren Nachteile bei einer Umstellung zu berücksichtigen.)

2. Wirtschaftliche Gründe:

Es müßten sämtliche Hochseeschiffe mit den veränderten Chronometern und anderen Instrumenten umgerüstet werden. Bei der Neugradumstellung müßten auch sämtliche Kompaßrosen, Sextanteneinteilungen, Teilscheiben, Winkelzahlentafeln, Karten, Atlanten und Jahrbücher abgeändert werden. Die gewaltigen Kosten würden wirtschaftlich kaum von den Eignern oder vom Staat übernommen werden können.

3. Organisatorische Gründe:

Wenn bei einer solch großen Veränderung keine termingetreue Umstellung möglich wäre, was sich aus den gerade genannten Gründen verböte, dann müßte mit einer langen Übergangszeit gerechnet werden, während der beide Systeme parallel nebeneinander bestünden. Alle Schiffe müßten sich in gleicher Weise diesem Reglement unterwerfen. Es würden aber auch nach der Umstellung größere Schwierigkeiten entstehen, z.B. beim Empfang von Zeitzeichen und nicht mehr auf Zeitmaß, sondern auf Gradmaß regulierten Uhren. Das gleiche würde auch für alle anderen zeitlich ablaufenden Vorgänge gelten, sie könnten von auf Gradmaß umgestellten Uhren nicht unmittelbar abgelesen wer-

GLASHÜTTE

den. Für die 400°-Kreisteilung müßten zudem noch sämtliche Seekarten geändert werden. Gleichzeitig müßten auch internationale Vereinbarungen getroffen werden, um möglichst weltweit einheitliche Verhältnisse zu schaffen.

Diese wesentlichen Gründe und der kurze Zeit später eintretende Kriegsbeginn ließen die Gradmaßumstellung, wie auch die 400-Gradeinteilung bei Chronometern, B-Uhren, Kompaßrosen etc., bei der Marine aussichtslos werden.

Die Nautiker der Luftfahrt waren ursprünglich die stärksten Befürworter der Umstellung des Zeitmaßes auf Gradmaß, und es schien für die schnelle und sichere Ortsbestimmung in der Luft ein unverzichtbares Verfahren. Deshalb war auch hier die Entwicklung am weitesten fortgeschritten. Man hatte sich schon 1935 bei der Luftfahrt auf ein 360°-Zifferblatt geeinigt (die Marine wollte ein 180°-Blatt). So waren auch das Chronometer ASL Nr. 676, wie später alle Flieger-B-Uhren, mit dem 360°-Zifferblatt ausgerüstet. Von besonderer Bedeutung für die Luftnavigation war die Rattrapante-Ausrüstung, die es in den engen Verhältnissen im Flugzeug erlaubte, bei der Zeitnahme den Zeitpunkt des Durchlaufens des beobachteten Gestirns bei der astronomischen Ortsbestimmung nur durch einen Hebeldruck am Gehäuseband durch Arretierung des oberen Bogenminutenzeigers festzuhalten, während der untere Bogenminutenzeiger weiterläuft. Damit war der sog. Standfehler völlig ausgeschaltet, dem schon Lindbergh durch ein von außen drehbares Sekundenzeigerblatt abzuwehren versuchte. Welchen Aufwand die Konstrukteure und Regleure bei Lange &

Söhne trieben, zeigen die Werksaufnahmen und Skizzen der beiden Flieger-Gradmaß-B-Uhr-Doppelchronographen in den Abb. 13a bis 14f. Beide Uhren wurden am 9.2. 1938 an das Reichsluftfahrt-Ministerium Berlin geliefert. Nach Helbig und Frankenstein waren der Aufwand für die Entwicklung und die Schwierigkeiten bei der Anfertigung erheblich, so daß die Preise von 800,- RM (ohne Rattrapante 323,- RM) die Unkosten der kleinen Serien und der Einzelstücke nicht deckten. So erlitt der praktische Einsatz der Gradmaß-Chronometer und -B-Uhren auch bei der Luftfahrt das gleiche Schicksal wie 2 Jahre vorher bei der Marine. Mit nahezu den gleichen Argumenten wie bei der Marine, aber besonders wohl durch den in der Zwischenzeit ausgebrochenen Krieg, fand keine endgültige Übernahme dieser neuen Navigationssysteme statt.

So mußte die hochinteressante Entwicklung dieser Sonderausführungen von hochpräzisen Zeitmeßgeräten zum direkten Ablesen in Gradmaß aus mehr äußeren Gründen eingestellt werden. Das bedeutete gleichsam auch den Abschluß der intensiven Diskussionen zwischen den Nautikern der verschiedenen Institutionen zu diesen Navigationshilfen.

Die weitere Entwicklung der astronomischen Navigation wurde ganz durch die Funknavigation, deren Anfänge schon in den 30er Jahren sichtbar wurden, und in jüngster Zeit durch die Satelliten-Navigation beherrscht.

Prof. Herbert Dittrich
Vorländerweg 95
4400 Münster

Abbildungen vom Autor

Literaturauswahl

1. Bertele, v.H.: Marine- und Taschenchronometer, Callwey, München, 1981
2. Brunner, G.L.: Die Stundenwinkel-Armbanduhr Typ Lindbergh von Longines. Alte Uhren 2/1983, 128-131
3. Conrad, E.: Neuzeitliche Navigation. Seewart 1937, 267. Hansa 1937, 1368-1370
4. Conrad, E.: Astronomische Ortsbestimmung und Kimmteiefenmessung. Promotion, Berlin 1933
5. Conrad, E., W. Neuendorff: Bericht über die erste Teilfahrt der ... Meteor. Sonderheft, Ann. Hydrogr. 1937
6. Eder, N.: Beobachtungsuhr, Callwey, München, 1987
7. Freisleben, H.J.: Änderungsvorschläge für das nautische Jahrbuch. Seewart 1936, S. 90-94; Neuzeitliche Navigation, Seewart, 1937, 272-179
8. Freisleben, H.J.: Neuzeitliche Navigation, Seewart 1938, 401
9. Gossler, M.: Die Uhrzeit und ihre astronomischen Grundlagen. Alte Uhren, 3/1984, S. 41-46
10. Herkner, K.: Glashütte und seine Uhren, Dormagen, 1978
11. Huber, M.: Die Uhren von Lange & Söhne, 5. Aufl. 1988, S. 99
12. Immler, W.: Die dynamische Auffassung navigatorischer Probleme. Hansa 74, 448-450, 482-484, 1937
13. Immler, W.: Vereinfachte Zeitverwandlung bei der aeronautisch-astronomischen Betrachtung. Ann. Hydrogr. 1932, S. 312
14. Immler, W.: Grundlagen der Flugnavigation, Berlin, 1941
15. Immler, W.: Die Grad-Uhr. Ann. Hydrogr. 1936, S. 245-247
16. Lindbergh, Ch.A., P.V.H. zit. n.A. Repsold: Das Chronometer. Ann. Hydrogr. 1937, S. 225
17. Neuendorff, W.: Die nordatlantische Expedition auf dem Vermessungsschiff "Meteor". Nautischer Beitrag. Ann. Hydrogr. 1937, S. 26
18. Niemann, W.: Angewandte astronomische Flugzeugnavigation. Ann. Hydrogr. 1930, S. 104
19. Niemann, W.: Langstrecken-Navigation in Luftfahrzeugen. Hansa, 72, 1081 bis 1084, 1124-1128, 1935
20. Pavel, H.: Der Siderograph. Alte Uhren 5/1986, S. 39-41
21. Repsold, A.: Chronometer und nautisches Jahrbuch. Ann. Hydrogr. 1937, S. 222-230, 1937
22. Seewarte Mittlg. (ohne Autorengabe): Chronometer- und Taschenuhrenprüfungen. Ann. Hydrogr. 1936, S. 23
23. Thielemann, O.: Das klassische Marinechronometer in der Glashütter Produktion. Uhren u. Schmuck, 17/1982, S. 20-23
24. Uhrmacherwoche (ohne Autorengabe): Eine Stundenwinkeluhr. Uhrmacherw. 39, 317-318, 1932
25. Vielhaben, Th.: Kombinierte Stunden- und Graduhr. Seewart 12/1936, S. 375-382

Verzeichnis der Abkürzungen und der Zahlen in [] eckigen Klammern. (Die Zahlen in () runden Klammern s. Literaturverzeichnis.)

1. erstes Minutentrieb
- 1' zweites Minutentrieb
2. unteres Wechselrad
3. oberes Wechselrad
4. Wechseltrieb
5. 2. Gradzeigerrohr (analog dem Minutenrohr mit Rad)
6. 1. Gradzeigerrohr (analog dem Stundenrohr mit Rad)
7. Minuten- bzw. Großbodenrad
8. Zwischen- bzw. Kleinbodenrad
9. Zwischen- bzw. Kleinbodenrad
10. 1. Bogenminutenrad bzw. Sekundenrohr mit -rad
- 10' Chronographenzentrumsrad
11. 1. Bogenminutenwelle
12. Schnecke

- 12' Federhaus
13. 3. Wechselrad
14. 2. Wechseltrieb
15. 1. Übertragungsrad
16. 2. Übertragungsrad
17. Sekundenradtrieb
18. Welle (Rohr) des 2. Bogenminutenzeigers (Schleppzeiger)
19. Doppelchronographenrad
20. (Radanhalte-)Zange des Doppelchronographen
21. Schaltrad des Doppelchronographen
22. Trieb der Schneckenwelle
23. Auf- und Ab-Übertragungsrad
24. Zeigerstellräder
- P. Werkplatte
- K. Kloben im Zeigerwerk
- K_B. Chronographenbrücke
- P_{KI}. Kleine zusätzliche Platine unter dem Zifferblatt
- P_{gr}. große 1/2-Platine unter dem Zifferblatt

durchgehende Linie: Kraftfluß zum 1. Gradzeiger
groß-gepunktete Linie: Kraftfluß zum 2. Gradzeiger
gestrichelte Linie: Kraftfluß zum 1. Bogenminutenzeiger
klein-gepunktete Linie: Kraftfluß zum 2. Gradzeiger (Schleppzeiger)

Ich danke den Eigentümern für die zeitweilige Überlassung ihrer Chronometer und B-Uhren mit Gradmaß-Anzeige.