

Oberkommando der Kriegsmarine / Chef Marinewetterdienst

Geheim!

Erfahrungsberichte
des
Marinewetterdienstes

Reihe B — Heft 3

Wetterdienst-
Bibliothek



Herausgegeben vom Marineobservatorium

1943

Schulze, R., G.Becker, K.Sitttel
Erfahrungsbericht über eine vollelektri-
sche Radiosonde.

Erf.Ber.d.Marinewetterdienstes,
Reihe B - Heft 3 (Greifswald?)
1943, Titelbl., 4 S., 1 Taf.
Mikrofilm

-(zu 60184)

I G 11



Geheim!

M Obs Prüf-Nr. 59 *

551.508.11 ✓

zn 60184 ✓

231268

Erfahrungsbericht über eine vollelektrische Radiosonde

von

R. Schulze, G. Becker, K. Sittel

Marineobservatorium



IGM

Geheim!

M. Obs. Prüf.-Nr. 100

Über eine vollelektische Radiosonde Erfahrungsbericht

R. Schulte, G. Becker, K. Sittel

Marineobservatorium



Über eine vollelektrische Radiosonde.

Von R. Schulze, G. Becker, K. Sittel, Marineobservatorium.

(Hierzu Tafel mit Bild 1 bis 7.)

Eine Betrachtung sämtlicher bekannter Radiosondentypen führte zu dem Ergebnis, daß die Messung der meteorologischen Elemente unter Ausschluß jeder mechanischen Übertragung lediglich mit dem von Väisälä¹⁾²⁾ vorgeschlagenen Radiosondentyp möglich ist. Es war das Ziel vorliegender Arbeit, eine nach dem finnischen Prinzip arbeitende, vollelektrische Radiosonde zu entwickeln. Einfache Massenherstellung unter Vermeidung feinmechanischen Einsatzes, hohe Eichbeständigkeit unter den harten Bedingungen des Wetterdienstes sowie einfache Aufnahme waren die zusätzlichen Bedingungen.

Die im Jahre 1939 begonnene physikalische Bearbeitung bezog sich auf Meßelemente, Hochfrequenzschalter, Schwingkreisschaltung, Gesamtaufbau, Empfang und Eichung.

1. Meßelemente.

Das Prinzip der finnischen Sonde beruht auf der Verwendung der Schwingkreiskapazitäten als Meßelemente; die meteorologischen Faktoren der Atmosphäre steuern somit die Frequenz des Radiosondensenders. Die Meßkondensatoren für Temperatur, Feuchte und Druck, wie auch zwei Vergleichskondensatoren werden mittels eines besonderen Schalters nacheinander an den Sender angeschlossen.

Für die Formgebung des die Temperatur messenden Kondensators waren außer der Vermeidung der mechanischen Übertragung folgende Forderungen maßgebend:

- a) hohe Auflösung ($\Delta DK/^{\circ}C$),
- b) geringe thermische Trägheit,
- c) Unempfindlichkeit gegen Feuchte.

Zur Vermeidung einer mechanischen Übertragung wurde ein festes Dielektrikum gewählt, dessen Dielektrizitätskonstante in starkem Maße von der Temperatur abhängig ist. Eine Sonderentwicklung der Firma Hescho führte zu einem rutilhaltigen Material mit einem Temperaturkoeffizienten von $1.4 \cdot 10^{-3}/^{\circ}C$. Die weiteren Forderungen wurden durch den in Bild 1 wiedergegebenen Aufbau erfüllt, bei dem das Kondensatormaterial durch dünnes, verlötetes Kupferblech nach außen völlig abgeschlossen ist. Die Isolation der Durchführung durch das Blech übernimmt ein feuchtigkeitsunempfindlicher Isolator. Die Trägheitshalbwertszeit für Normaldruck in einem Luftstrom von 5 m/sec beträgt 9.6 ± 0.6 sec ($\alpha = 0.23$).

Die Feuchte wird mit Hilfe der psychrometrischen Differenz des einen trockenen und eines zweiten mit einem angefeuchteten Mullstrumpf überzogenen Temperaturkondensators bestimmt.

Für die Messung des Druckes waren folgende Forderungen zu erfüllen:

- a) hohe Auflösung, in der Größenordnung der Temperaturkondensatoren,
- b) geringe Temperaturabhängigkeit.

Väisälä hat vorgeschlagen, die Vidiedose zu verwenden und auf ihr eine Kondensatorplatte direkt zu befestigen, die sich mit abnehmendem Druck einer zweiten feststehenden Platte nähert. In vorliegendem Falle wurde ein zylindrischer Kondensator mit der Druckdose verbunden (s. Bild 2). Ihr Vorteil be-

¹⁾ Vilho Väisälä, Soc. Sci. Fennica. Comm. Physico-Mathematicae VIII, 14.

²⁾ Matz Jenssen, Beretninger IX, 6.

steht in der einfachen Einstellung des Anfangskapazitätswertes durch mehr oder weniger Ineinanderschieben der beiden Kondensatorhälften und weiterhin in einer linearen Abhängigkeit der Kapazitätsänderung vom Druck. Diese ist für das vorliegende Modell zur Erleichterung der Eichung von Bedeutung, weil der Temperaturkondensator ebenfalls eine lineare Abhängigkeit besitzt. Es muß hierbei allerdings der Nachteil in Kauf genommen werden, daß der Druck — bezogen auf gleiche Höhenstufen — mit verschiedener Genauigkeit gemessen wird.

Da die Frequenz des Senders außer von der Größe der Schwingkreiskapazitäten auch von der temperaturabhängigen Schaltkapazität, der Schwingpulinduktivität, wie auch von den Spannungen der Heiz- und Anodenbatterien abhängt, schlug Väisälä eine Vergleichsmessung gegen zwei bekannte möglichst wenig, dabei aber gleichmäßig von der Temperatur abhängige Kondensatoren vor. Wir wählten als Material Tempa S der Firma Hescho und gaben den Vergleichskondensatoren die Form eines Zylinders, wie es in Bild 3 dargestellt ist.

2. Hochfrequenzschalter.

Zur zeitlich aufeinanderfolgenden Anschaltung der verschiedenen Kondensatoren an den Schwingkreis des Senders wird ein Schalter benötigt. Er darf keinen Einfluß auf die Frequenzen ausüben, den Schwingkreis nicht dämpfen und soll mit möglichst geringem Energiebedarf auch bei Temperaturen bis zu -80° einwandfrei arbeiten. Die erstrebte vollautomatische Registrierung setzt als weitere Forderung noch ein Schalten mit möglichst gleicher Geschwindigkeit voraus. Besonders die letzte Bedingung ließ einen Antrieb durch den Aufstiegswind als unbefriedigend erscheinen, deshalb wurde der elektrische Antrieb gewählt und in vier Richtungen entwicklungsgemäß verfolgt:

a) Kippschwingungen. Es wurde versucht, eine elektrische Kippschwingung als zeitlich steuerndes Element für Relais zu benutzen, die ihrerseits die Einschaltung der Kondensatoren in den Schwingkreis übernehmen. Die Ergebnisse waren hinsichtlich des Schaltvorganges zufriedenstellend, der hohe Gewichtsaufwand jedoch ließ von dieser Schalterform Abstand nehmen.

b) Elektrisch gekoppelte Relais. Es wurde versucht, fünf Relais untereinander elektrisch so zu koppeln, daß ein Relais das andere steuert. Der Energieverbrauch lag bei nur 0.02 Watt. Da sich der Schaltmechanismus nicht so verlangsamen ließ, wie es für das Abhören der Sonde und das Einschwingen der einzelnen Schwingkreise tragbar erschien, mußte diese Schalterform ebenfalls verlassen werden.

c) Thermischer Schalter. Zur Vermeidung beweglicher mechanischer Teile, die bei tiefen Temperaturen zu Störungen Anlaß geben können, wurde versucht, einen Quecksilberschalter zu entwickeln, dessen Wirkungsweise darauf beruht, daß in einer Glaskapillare mit metallischen Einschmelzungen ein Quecksilberfaden durch pulsierendes Aufheizen der am Ende der Kapillare angebrachten Gas-Volumina hin und her bewegt wird. Diese Ausführungsform hat sich bewährt, sie erfordert jedoch die Anwendung von Platineinschmelzungen, da sämtliche Ersatzmaterialien eine zu hohe Dämpfung des Hochfrequenzschwingkreises ergeben. Die Verwendung dieses Schalters wurde deshalb bis auf weiteres zurückgestellt.

d) Durch Elektromotor angetriebener rotierender Schalter. Obwohl alle bisher an Sonden mit rotierenden Teilen gewonnenen Erfahrungen gegen die Anwendung eines rotierenden Schalters sprachen, mußte auf diese Schalterform als der einzig möglichen zurückgegriffen werden. Da sich sämtliche im Handel erhältlichen Kleinelektromotoren für den Schalterantrieb als untauglich erwiesen, wurde mit der Firma Eumig ein neuer Motor entwickelt, der bei 45 g Gewicht und 2 Volt Spannung 50 mA Strom im Leerlauf aufnimmt. Der Schalterteil bereitete bei seiner Entwicklung wesentlich geringere Schwierigkeiten. Es liegen hierfür drei Ausführungsformen vor, die sich lediglich in der Lagerung (Kugellager oder Gleitlager) und durch die Form des Abhebens der Schaltfedern von ihren Kontakten unterscheiden. Gemeinsam ist ihnen der Aufbau

aus Trolitul und das Vorhandensein von fünf Federkontakten (Temperatur-, Feuchte-, Druck- und zwei konstanten Kondensatoren). Das Abheben bzw. Andrücken der Kontaktfedern geschieht mit Hilfe einer umlaufenden Nocke. Bild 4 gibt eine schematische Darstellung dieses Schalters.

3. Schwingkreisschaltung.

An die Schaltung des Schwingkreises waren folgende Forderungen zu stellen:

1. Gültigkeit der einfachen Beziehung:

$$\lambda^2 = c^2 4 \pi^2 L (C_s + C_m) \quad (C_s \text{ die Schaltkapazität und } C_m \text{ die Meßkapazität}),$$

- a) Vermeidung von frequenzbestimmenden, aber frequenzabhängigen Kapazitäten,
 - b) annähernd gleiche Größe der Schaltkapazitäten der einzelnen Meßkondensatoren,
 - c) Vermeidung von Streukapazitäten,
2. geringe Rückwirkung der Antenne und der Batteriespannungen auf die Frequenz.

Eine weitgehende Erfüllung dieser zwei Forderungen gelang durch Veränderung und besonders genaue Dimensionierung der Meißner-Schaltung (s. Bild 5).

4. Gesamtaufbau.

Für die räumliche Anordnung der Einzelteile der Radiosonde wurden prinzipiell zwei Wege beschritten. Der eine sollte zu einer Sonde führen, die für aerologisch-wissenschaftliche Zwecke möglichst fehlerfrei arbeitet, der andere zu einer Sonde für den Masseneinsatz, wie er für rein meteorologische Zwecke durchgeführt werden muß.

Besonderen Einfluß auf die Meßgenauigkeit der Radiosonde übt die Temperatur aus. In unserem Falle beeinflusst sie einmal die Druckmessung, zum anderen aber auch die Schaltkapazität, die Induktivität und die Batteriespannungen. Um diesen Einfluß möglichst gering zu halten, wurde der erste Sondentyp in zwei Dewargefäße eingebracht, wie es in Bild 6 dargestellt ist. Der Schalter bildet hierbei das Aufbauelement und trennt die Sonde in Sender- + Druckmeßteil und Motor- + Batterieteil. Die durch die Dewargefäße beim Aufstieg nach außen geführte Wärmemenge wird durch die Heizung des Senderohres zum großen Teil ausgeglichen, so daß im Innern der Sonde ein Temperaturabfall kleiner als 5° stattfindet. Im Batterieteil ist der Wärmeverlust geringer, da jener nach außen geschwärzt ist. Außerdem führt der Motor einige Kalorien zu, so daß der Temperaturverlauf im Innern des Batterieteiles, der außerdem auf die Meßgenauigkeit der Sonde von wesentlich kleinerem Einfluß ist, einen nur geringen Abfall aufweist. Die Umhüllung der Temperaturkondensatoren in einem allseitigen dreifachen Strahlenschutz erwies sich als sehr zweckmäßig, um eine Beeinflussung der Temperaturmessung vom Sondengefäß her zu vermeiden; das Sondengefäß besitzt wegen seiner großen Masse verständlicherweise eine wesentlich höhere Temperaturträgheit als die Temperaturkondensatoren.

Für die zweite Ausführungsform für den Masseneinsatz mußte aus Gründen der Gewichtersparnis auf die Dewargefäße verzichtet werden. Auch hier wieder ist der Schalter das Aufbauelement der Sonde und trennt diese in Sender und Batterieteil (s. Bild 7). In einem weitgehend temperaturunempfindlichen Trolitan S-Preßteil ist der Sender eingebaut und sind die Temperaturkondensatoren von außen feuchtigkeitsdicht eingeführt. Auf diese Weise wurden sehr geringe Schaltkapazitäten erzielt. Das Senderrohr aus Stahl (DC 11-Telefunken) ragt wegen seines metallischen Aufbaues und der hierdurch möglichen Dämpfung des Sendekreises aus der Sonde heraus. Auf dem Preßteil befindet sich ebenfalls in Trolitan S gelagert der Druckkondensator, über diesem die Antennenführung. Auf diese Weise gelang es, die Sonde in einen Zylinder von 58 mm Durchmesser unterzubringen und damit an Gewicht zu sparen. Die Temperatur im Senderteil fällt um einige Grad nachhinkend mit der Außentemperatur ab.

Der hieraus folgende Einfluß auf die Meßgenauigkeit, besonders auf die des Druckes, muß durch die bei der Eichung gewonnenen Korrekturwerte bei der Auswertung berücksichtigt werden. Unterhalb des Schalters schließt sich der Batterieteil an, der nach einem Vorschlag von Väisälä durch Umsetzung von Quecksilberchlorid in Aluminiumchlorid chemisch geheizt wird. Umschlossen wird der Batterieteil von einem geschwärzten Metallzylinder, über dem durch eine Blende die laminare Luftströmung zur Herabsetzung der Kühlung abgerissen wird. Durch die chemische Heizung werden während des Aufstieges 10 000 Kalorien zugeführt und die Temperatur in erträglichen Grenzen gehalten. An der Blende zum Abreißen der laminaren Strömung befinden sich außerdem kleine schräg gestellte Flächen in Form eines Windrades, damit die Sonde beim Aufstieg regelmäßig gedreht und der Temperaturmeßteil nur einen Teil der Zeit der Sonnenstrahlung ausgesetzt wird.

5. Empfänger.

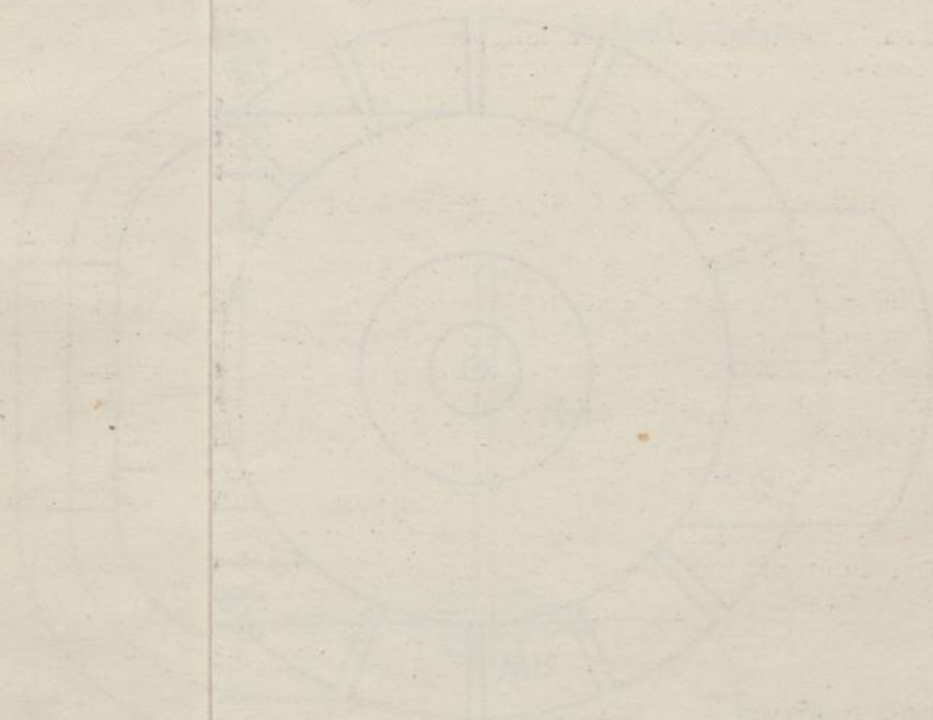
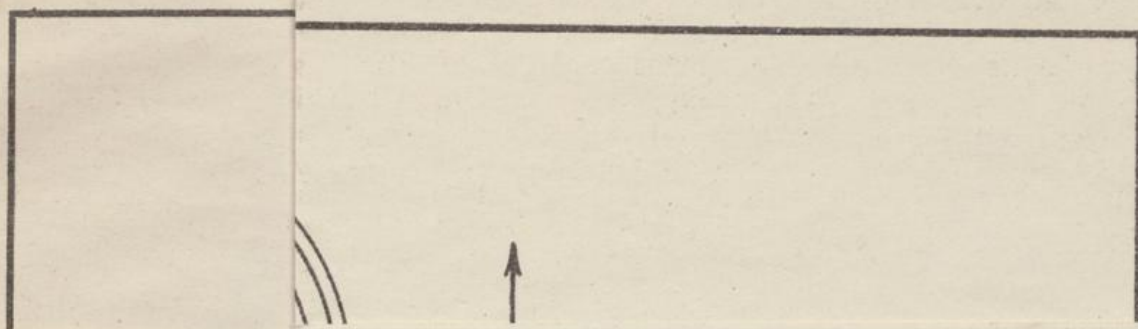
Als Empfänger zur elektrischen Aufnahme der Sondensendung wurde der Lorenz-UKW-Superhet-Empfänger ausgewählt. Es ist der einzige im Handel erhältliche Empfänger, der sämtliche für die Aufnahme dieses Sondentyps zu stellenden Forderungen erfüllt. Diese lauten:

1. hohe Auflösung (kHz/Drehung des Frequenzkondensators),
2. hohe Reproduzierbarkeit der Frequenzeinstellung,
3. Linearität zwischen dem Quadrat der Wellenlänge und der Drehung des Frequenzkondensators.

Eine Einzelherstellung der Empfänger, wie sie von Prof. Väisälä zur Erfüllung sämtlicher Forderungen als notwendig erachtet und auch durchgeführt wurde, kam unter Berücksichtigung des großen Einsatzes nicht in Frage. An die Achse des Frequenzkondensators wurde ein Präzisionsregistrierwerk mit elektrischer Tastung direkt angekoppelt. Das mit ihm gewonnene Aufstiegsdiagramm gleicht den von Väisälä beschriebenen.

6. Eichung.

Auf die Verwerfung der Frequenz, die bei der finnischen Sonde als Maß für den meteorologischen Zustand der Atmosphäre dient, hat außer den meteorologischen Faktoren selbst auch der Temperaturzustand sämtlicher Aufbauteile Einfluß. Aus diesem Grunde ist zur Eichung die Durchführung eines künstlichen Aufstieges erforderlich. Hierzu sind evakuierbare Tiefkühlanlagen zur gleichzeitigen Eichung von je 25 Sonden notwendig. Ihr Eichbereich liegt zwischen $+40^{\circ}$ und -90° für die Temperatur und zwischen 1000 und 10 mb für den Druck. Die Eichung wird mit den gleichen Empfangsgeräten durchgeführt wie sie zur Aufnahme der Sonde während ihres Aufstieges Verwendung finden.



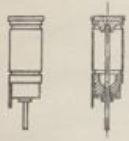


Bild 1

Temperaturkondensator

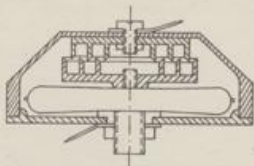


Bild 2

Druckkondensator

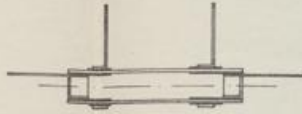


Bild 3

Vergleichskondensatoren

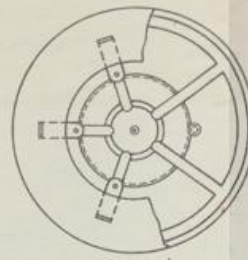


Bild 4

El. Mot. Hochfrequenzschalter

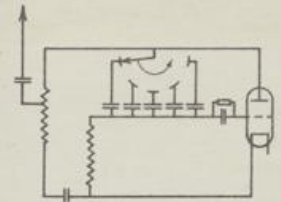


Bild 5

Schaltschema

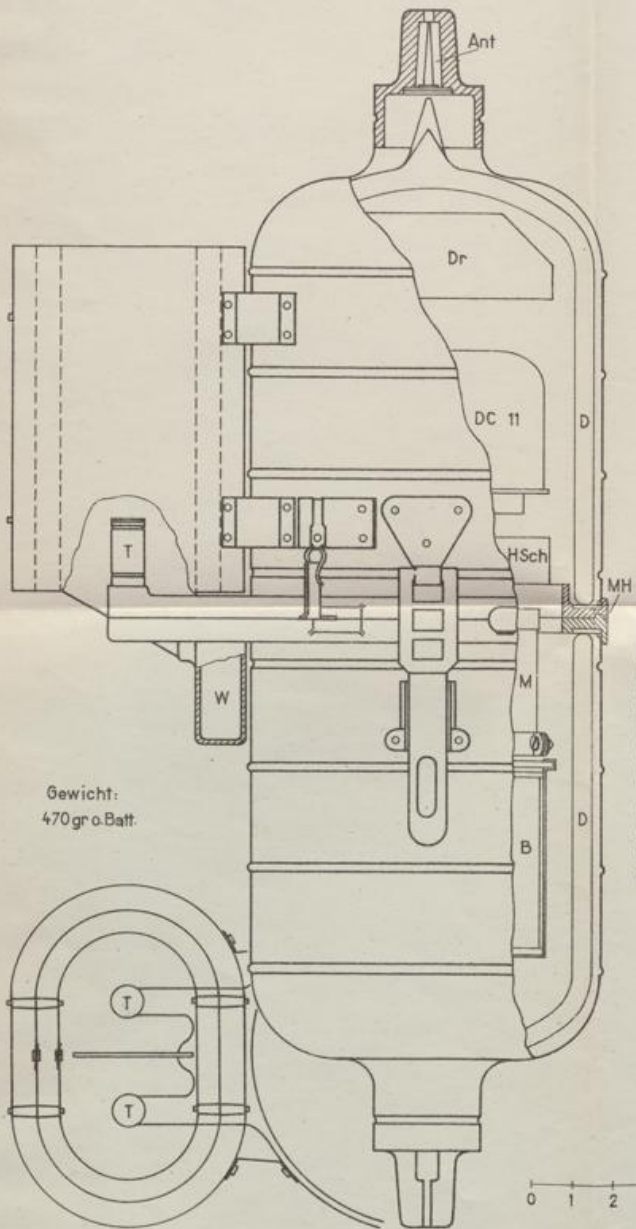


Bild 6

Radiosonde für wiss. Zwecke

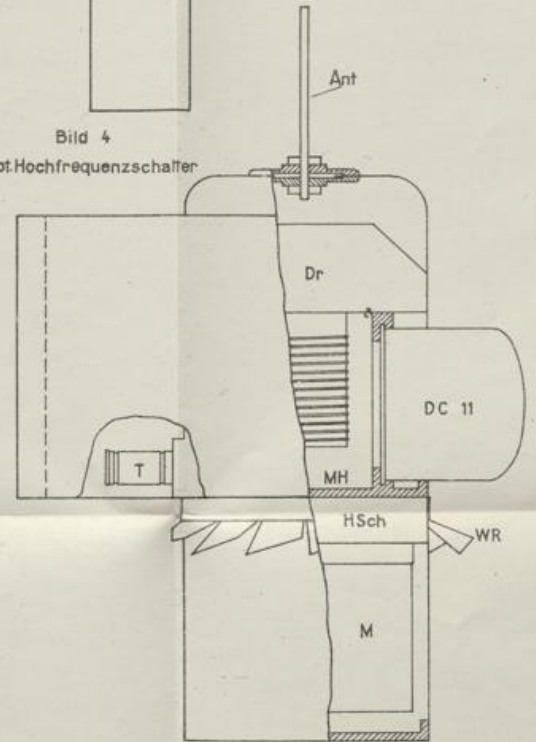


Bild 7

Radiosonde für Masseneinsatz

- T Temperaturkondensator
- Dr Druckkondensator
- DC 11 Senderohr
- H Sch Hochfrequenzschalter
- M Elektromotor
- B Batterie
- D Dewargefäß
- Ant Antennenanschluß
- W Wassergefäß
- MH Mittlerer Haltering
- WR Windrad

Gewicht:
470 gr o. Batt.

Gewicht:
290 gr o. Batt.

