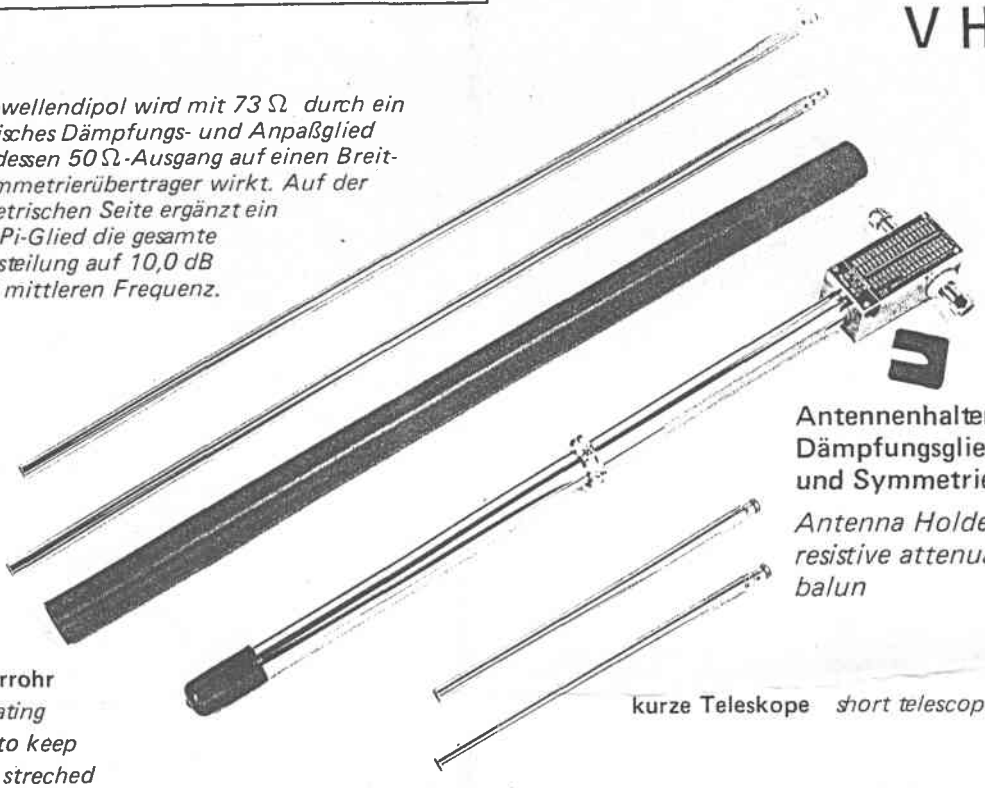
Präzisions-Meßdipole (λ/2), V H A P, U H A P
Precision Half-Wave Dipoles 30 — 300 — 1000 MHz

Dipl.-Ing.G.Schwarzbeck MESS-ELEKTRONIK D-6917 Schönau
Tel. (D): 06228-1001* Fax.(D) 06228-1003 Telex: 46 16 18 mess
Telephon (int.): **49 6228 1001* Telefax int.: ** 49 6228-1003

VHAP

Der Halbwellendipol wird mit 73 Ω durch ein symmetrisches Dämpfungs- und Anpaßglied belastet, dessen 50 Ω-Ausgang auf einen Breitband-Symmetrierübertrager wirkt. Auf der unsymmetrischen Seite ergänzt ein 50-Ohm-Pi-Glied die gesamte Leistungsteilung auf 10,0 dB bei einer mittleren Frequenz.



Antennenhalter mit Dämpfungsgliedern und Symmetrierung

Antenna Holder with resistive attenuators and balun

Isolierrohr
Insulating tube to keep cable streched

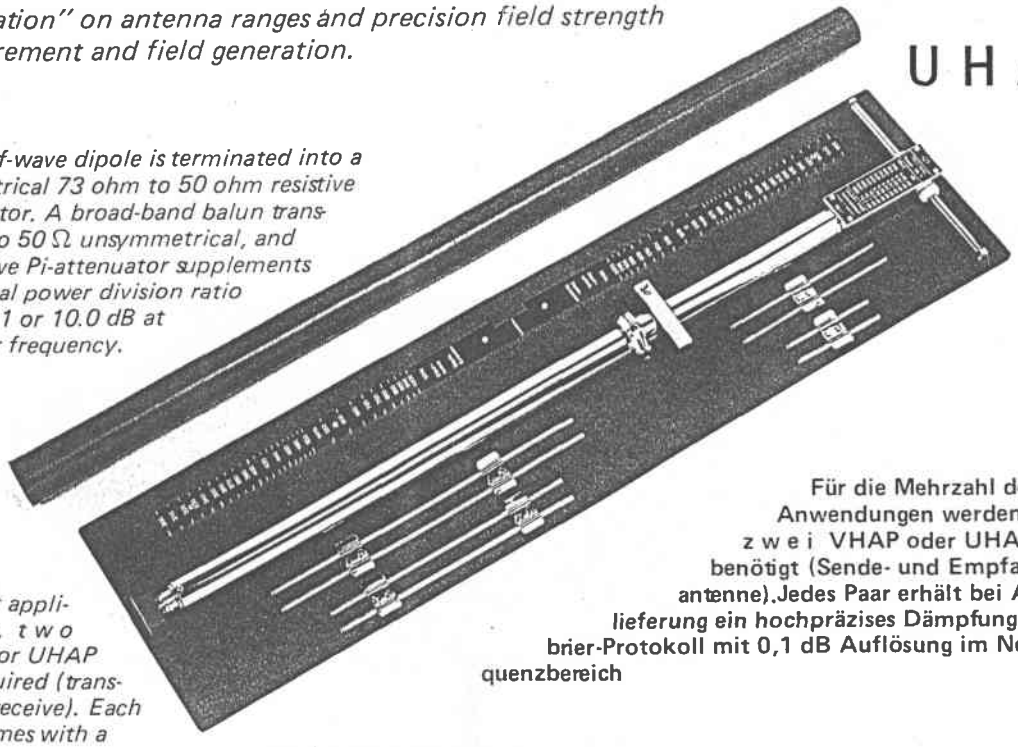
kurze Teleskope *short telescopic elements*

Präzisions-Meßdipole VHAP (oben) für den VHF-Bereich 30 — 300 MHz und den UHF-Bereich 300 MHz — 1 GHz Typ UHAP (unten). Überprüfung von Antennenmeßstrecken.

Precision Half-Wave Test and Calibration Dipoles for VHF 30 — 300 MHz V H A P and UHF 300 MHz — 1 GHz U H A P, highest precision available for checking "site attenuation" on antenna ranges and precision field strength measurement and field generation.

UHAP

The half-wave dipole is terminated into a symmetrical 73 ohm to 50 ohm resistive attenuator. A broad-band balun transforms to 50 Ω unsymmetrical, and a resistive Pi-attenuator supplements to a total power division ratio of 10 : 1 or 10.0 dB at a center frequency.



Für die Mehrzahl der Anwendungen werden je z w e i VHAP oder UHAP benötigt (Sende- und Empfangsantenne). Jedes Paar erhält bei Auslieferung ein hochpräzises Dämpfungs-Kalibrier-Protokoll mit 0,1 dB Auflösung im Nennfrequenzbereich

In most applications, t w o VHAP or UHAP are required (transmit & receive). Each pair comes with a precision calibration with 0.1 dB resolution

SCHWARZBECK MESS - ELEKTRONIK

An der Klinge 29 D-69250 Schönau Tel.: 06228/1001 Fax.: (49)6228/1003

Gefahren - Hinweise
Operating Precautions

Allgemeine Vorsichtsregeln

Die folgenden Sorgfaltsregeln sollten beim Umgang mit Antennen stets beachtet werden:

- Außerhalb einer Messung sollten Antennen nicht in Kopfhöhe belassen werden (Verletzungsgefahr, insbesondere Augen!)
- In größerer Höhe auf einer freistehenden Mastanlage ist die Stabilität bei Windböen oder beim Verfangen in herabhängenden Kabeln eingeschränkt.
- Antennen stets gegen Herabfallen sichern!
- Aufenthalt unterhalb von Mastanlagen vermeiden!
- Unbedingt Sicherheitsabstand zu spannungsführenden Leitungen einhalten!
- Stolpergefahr bei am Boden liegenden Kabeln!
- Keine Messungen bei Gewitter (Blitzschlag)!
- Schutzerdung der verwendeten Geräte prüfen!
- Gegebenenfalls örtliche Gefahrenhinweise anbringen!

General Hazards

The following general safety precautions should be considered when working with antennas:

- *When not in use, antennas should not be kept at a height where head- or eye injuries may occur.*
- *Antennas at maximum mast height might be a danger in high winds or with cables hanging down to ground.*
- *Observe the danger of stumbling over cables!*
- *Prevent Antennas from falling down!*
- *Avoid staying directly below mast and antenna!*
- *Keep safe distance to power lines!*
- *Do not use antennas during thunderstorms, lightning hazard!*
- *Check the protection earth connections of the used equipment!*
- *Attach local danger notices.*

Elektrische Gefahren

Bei Messungen der Störemission (Empfangsfall) gehen keinerlei Gefahren durch die verwendeten Antennen aus. Bei Störfestigkeitsprüfungen (Immunität von Prüflingen, passives Störverhalten) sind bei der Erzeugung von Feldstärken die Sicherheitsvorschriften und Grenzwerte für die Personensicherheit (z.B. DIN VDE 0848) zu beachten.

Electrical Hazards

Test Antennas for emission measurements (RX applications) do not generate any hazardous fieldstrength. For immunity testing and intentional generation of high fieldstrength the relevant emission and safety standards of the respective country must be considered (e.g. DIN VDE 0848).

Feldstärke (Sendefall)

Eine Abschätzung der entstehenden Feldstärke (unter Freiraumbedingungen) kann durch die folgenden Gleichungen durchgeführt werden:

Fieldstrength (Transmit)

The generated fieldstrength level can be estimated (free space propagation assumed) using the following equations:

$$F = 134.8 + g_i + 10 \log P - 20 \log D$$

Feldstärkepegel:	F [dBµV/m]	*Fieldstrength Level*
Eingangsleistung bei Anpassung:	P [W]	*Power into matched antenna:*
Gewinn (Isotrop):	g_i [dBi]	*Isotropic Gain:*
Entfernung (Distanz):	D [m]	*Distance:*

$$F = 104.8 + g_i + p - 20 \log D$$

Eingangsleistung bei Anpassung:	p [dBm]	*Power into matched antenna:*

Schwarzbeck MESS-ELEKTRONIK D - 6901 Schönau-Altneudorf (Germany - W) F : (0)6228 - 1001 Tlx : 461618 mess d

PRÄZISIONSDIPOLE VHAP (-10dB) 30 – 300 MHz u. UHAP (-10dB) 0,3 – 1 GHz

Feldstärkemessungen im VHF- UHF - Bereich stützen sich in der Regel auf Halbwellendipole, die bei allen Frequenzen bei Abstimmung auf 0,45 λ bis 0,5 λ gleiche Richtdiagramme aufweisen; dies ist wegen des erheblichen Erdspiegelungseinflusses wichtig — das frequenzabhängige Diagramm aller Breitbandantennen läßt unterschiedlichen Einfluß von Erde und Umgebung wirksam werden.

Auf der anderen Seite bieten aber Breitbandantennen große Vorteile bei einer automatisierten Messung. Oft wird daher die Aufgabe bestehen, eine Breitbandantenne mittels hochpräziser Dipole auf einer bestimmten Meßstrecke zu kalibrieren.

Ferner besteht die Forderung, die *Eignung* einer Meßstrecke in der Weise zu überprüfen, daß gemessene und errechnete Werte der *Dipolantennenstreckendämpfung* verglichen werden. Aus den Ergebnissen kann entweder auf die Eignung der Meßstrecke geschlossen werden, oder es können Korrekturen ermittelt werden, die auch bei weniger geeignetem Gelände noch gute Meßgenauigkeiten zulassen (s.a. VDE 0877, Tl.2).

Einfache Halbwellendipole haben den Nachteil, daß ihr Strahlungswiderstand vom Meßgeräte-Systemwiderstand 50 Ω mehr oder weniger abweicht. Ein extrem schlanker Halbwellendipol im Freiraum hat einen Strahlungswiderstand von 73 Ω, der bei dicken Dipolen bis auf 60 Ω abfallen kann. Über elektrisch spiegelnder Erde (oder Metallboden) hängt der Strahlungswiderstand von der Höhe des Dipols ab und der Polarisationsrichtung. Der Fußpunktwiderstand oszilliert zwischen Minimal- und Maximalwerten hin und her.

Falls der Halbwellendipol als *Leistungsbezug* verwendet wird, könnte durch ein Anpaß(π-)-Filter auf jeder Frequenz und in jeder Höhe eine perfekte Leistungsanpassung erzielt werden. Dies würde allerdings eine untragbare Erschwernis bei der Bedienung verursachen, außerdem müßte bei jeder Einstellung und Frequenz der Verlust der Anpaßschaltung individuell gemessen werden.

Einfacher und überschaubarer ist die Belastung des Dipols mit einem ohmschen symmetrischen Dämpfungsglied mit dem „theoretischen" Strahlungswiderstand 73 Ω, auf dessen Ausgangsseite ein Symmetrierübertrager liegt, dessen mittlerer Verlust in die Dämpfung der Dämpfungsglieder einbezogen werden kann. Auf der symmetrischen Seite bewirkt ein speziell errechnetes Eichteilerglied einen Eingangswiderstand von 73 Ohm bei ausgangsseitiger Belastung mit 50 Ohm. Auf der unsymmetrischen Seite des Symmetrierübertragers liegt dann ein weiteres 50-Ohm-Dämpfungsglied, das die Gesamtdämpfung bei einer mittleren Frequenz auf 10 dB oder die Spannungsteilung in der gewünschten Richtung auf 3,16 : 1 (bei unterschiedlichen Impedanzen) auffüllt.

Ein *Pärchen* solcher Dipole, Kopf an Kopf gekoppelt, ergibt dann in jedem Fall eine Gesamtdämpfung von Leistung oder Spannung von 20 dB (± eine geringe Korrektur) und ausschließlich weitgehend reelle Anschlußwiderstände von 50 Ω.

Solche Paare können nach zwei Gesichtspunkten ausgelegt werden: Wird vorzugsweise ein *Spannungsbezug* gewünscht (Feldstärkemessung), so bietet sich die Auslegung mit je 3,16 : 1 *Spannungsteilung* an. Beide Dipole in Kaskade, wie sie als Sende- und Empfangsdipol auf einer Meßstrecke wirken, haben dann für *Spannung und Leistung* 20 dB Zusatzdämpfung, genau wie zwei Dipole, die je 10 dB (10 : 1) *Leistungsteilung* aufweisen. Im letzteren Fall ergeben sich zwei gleichartige Dipole, bei Spannungsbezug dagegen entstehen zwei *unterschiedliche* Dipole, die beide 3,16 : 1 Spannungsteilung aufweisen, aber jeweils in unterschiedlicher Richtung. Beim Sendedipol wird die Spannung von 50 Ω auf 73 Ω im Verhältnis 3,16:1 geteilt, beim Empfangsdipol von der 73-Ω-Seite nach dem 50-Ω-Ausgang gleichfalls 3,16 : 1.

Diese spannungsbezogenen Dipole haben daher eine Zusatzbezeichnung, die auf die Verwendungsart hinweist: VHAP-E und UHAP-E sind Empfangsdipole, VHAP-S und UHAP-S sind Sendedipole, die die gesamte Zusatzdämpfung auf 20 dB auffüllen.

Bei Messungen der Dämpfung einer Dipolstrecke ist es gleichgültig, ob auf beiden Seiten die auf 10 dB (10;1) Leistungsteilung dimensionierten Dipole oder die auf $(3{,}16 : 1)^2$ ausgelegten spannungsbezogenen eingesetzt werden, die Gesamt-Zusatzdämpfung bleibt 20 dB.

Antennenfaktoren gibt es für Antennen nur für den Empfangsfall. Mit den Typen VHAP-E und UHAP-E wurden diese für die Feldstärkemessung erforderlichen Daten mitgeliefert, die Übereinstimmung gemessener und errechneter Werte war mit Abweichungen unter 1 dB deutlich besser als der Stand der Technik mit einfachen Dipolen. Eine gewisse Gefahr bestand, wenn die Sendedipole versehentlich anstelle der Empfangsdipole mit den Antennenfaktoren der VHAP-E und UHAP-E benutzt wurden.

Die leistungsbezogenen Präzisionsdipole VHAP (–10dB) und UHAP (–10dB) beseitigen diese Gefahr, da sie identisch sind. Für sie war die Leistungsteilung 10 : 1 für beide Exemplare und in beiden Richtungen festgelegt. Auf der Sendeseite für die Erzeugung einer definierten Strahlungsleistung und auf der Empfangsseite als Dipolreferenz für Gewinnmessungen ist diese Auslegung günstiger. Für die Feldstärkemessung mußten die auf die 73-Ohm-Seite umgerechneten Spannungspegel verwendet werden.

Für das Ausmessen einer Meßstrecke für Feldstärkemessungen durch Vergleich der gemessenen und errechneten Dämpfung sind beide Systeme identisch anwendbar, da in beiden Fällen die gesamte Zusatzdämpfung 20 dB beträgt.

Eine neuartige Methode mit *normierten Dämpfungswerten* für definierte Aufbauten mit horizontaler (und vertikaler) Polarisation ist in VDE 0877, Teil 2 angegeben. Hierbei wurden für die Errechnung der normierten Dämpfung beim Empfangs- und beim Sendedipol Antennenfaktoren zugrunde gelegt (obgleich physikalisch diese nur bei Empfangsdipolen ihre Berechtigung haben). Da der Antennenfaktor zweimal auftritt, müssen, um auf einfache Berechnungen mit 2 x 10 dB Abzug zu kommen, *zweimal die Empfangsdipole VHAP-E bzw. UHAP-E* eingesetzt werden; ein solches Paar hat dann Kopf an Kopf durchverbunden *nicht mehr 20 dB Gesamtdämpfung, sondern 2 x 1,64 dB weniger.*

Um die Vorhaltung von drei verschiedenen Dipolarten zu vermeiden (VHAP-E, VHAP-S und VHAP(-10dB)), wird die ausschließliche Verwendung der Einheitsversion mit 10 dB Leistungsteilung (VHAP -10dB) empfohlen (für UHF entsprechend UHAP -10dB), wobei dann Sende- und Empfangsdipol identisch sind und gleichfalls Antennenfaktoren, bezogen auf Spannungspegel an 50 Ω, ohne oder mit 10 m Koaxialkabel, verfügbar sind.

Literatur: Sonderdruck „Feldstärkemessung", 10-m-Dipolmeßstrecke

Schwarzbeck MESS-ELEKTRONIK D-6901 Schoenau-Altneudorf (West Germany) Phone: (0)6228 - 1001 Tlx: 461618 mess d

PRECISION HALF WAVE DIPOLES VHAP(-10dB) 30 – 300 MHz and UHAP(-10dB) 0.3 – 1 GHz

Field Intensity measurement in the vhf-uhf region is generally referenced to Half-wave Dipoles which, at all frequencies, provide the same radiation pattern when tuned to .45 to .5 of a wavelength at the measuring frequency. This is of some importance because of the ground reflection that influences the frequency-dependent radiation pattern of broad-band antennas.

This means a difference in the influence of ground and surroundings to dipoles and broad-band antennas.

On the other hand broad-band antennas are more economical with measurements on a large number of different frequencies or automated measurement. One of the frequent applications of precise dipoles will be the calibration of broad-band antennas on a certain range.

Another requirement will be the investigation of a field-intensity measurement site by comparing calculated and measured values of *site - attenuation between half-wave dipoles.* The results are an indication of a suitable location for this kind of measurement, or they might lead to a dB-correction for that particular site.

Simple half-wave dipoles have the disadvantage that their radiation resistance more or less deviates from the typical or nominal terminal resistances of the measuring equipment (mostly 50 ohms). A very thin half-wave dipole in free space measures 73 ohms feed resistance with a small inductive component. It might be resonated by shorting to a length less than .5λ, depending on the thickness to length ratio. The *actual feed impedance of practical dipoles, however, will be considerably lower, 60 ohms or even less, in free space.* Over conducting ground the feed impedance will vary according to the height over ground, oscillating depending of height between low and high values.

Should a dipole be used as a *power reference*, a good solution would be the use of an antenna tuner (reactive pi-filter) to tune out the reactance and to match the resistive part to the 50 ohms system. This, however, would cause high time consumption, and the attenuation of the tuner must be measured and considered at every new frequency or mounting height.

It is much easier to load the dipole with its *"theoretical radiation resistance" of 73.2 ohms and measure the voltage at this load as accurate as possible.*
For this purpose these Precision Dipoles are equipped with a symmetric attenuator of 73 ohms symmetrical input resistance and 5 dB attenuation to a 50 ohms output. The 1 : 1 balun following has an average attenuation of a few tenths of a dB. Then follows a second resistive unsymmetrical attenuator that fills up the total attenuation either for a voltage division ratio from the 73 ohms input to the 50 ohms output of 3.16 : 1 for receiving dipoles "VHAP-E" or "UHAP-E", the letter "E" standing for Receiving ("Empfangen"). Or a voltage division Ratio of 3.16 : 1 from the unsymmetrical 50 ohms input to the 73 ohms dipole output (VHAP-S / UHAP-S, the letter "S" representing the transmitting case ("Senden"). This, of course, means different power division in both cases: in the receiving dipoles (-E) the power is attenuated 10 – 1.64 dB, in the transmitting dipoles (-S) the power ratio is 10dB + 1.64 dB. So the total for a pair, consisting of one Transmit Dipole (S) and one Receiving Dipole (E) is 20 dB both for voltage and power.

This is the version for site attenuation and field intensity measurement. They are designed to have a simple 10 dB calculation if a certain voltage is considered at the 73 ohms dipoles and the voltage is known at 50 ohms generators or receivers.

A different design philosophy can be the *power* at the dipoles and the 50 ohms unsymmetrical connectors. This might be useful for gain measurement, if the gain of a sample is expressed as a power ratio to the tuned half wave dipole as a reference. This means that both the transmitting dipole and the receiving dipole attenuate *power* 10 : 1 from the 50 ohms input to the 73 ohms dipole in the transmitting case and also 10 : 1 power ratio from the dipoles to the unsymmetrical 50 ohms output in the case of the receiving antenna.
This, however, leads to equal units for both purposes and still has a system attenuation for both voltages and power of 20 dB for both holders connected head to head, as in the case of the different models. Both provide at a frequency near the center of the band 10 dB of attenuation, but in this case, *the voltage division ratio, being 3.16 : 1 in the different dipoles in both cases, will be d i f f e r e n t depending on the direction of energy flow.*

In the case of receiving with the 10 : 1 power ratio dipoles, the *voltage division ratio from the 73 ohms dipole side to the 50 ohms connector is 3,82 : 1 (for calculations only: 11,64 dB for voltage ratio considerations), in the transmitting case 2,617 : 1.*

The fact that a dipole of .5 λ length is slightly mismatched to a resistive 73 ohms load is not considered here because it is counteracted by the fact that the true radiation resistance of a "thick" dipole over ground is less than 73 ohms. This in turn means a higher indicated voltage, depending on extraction length and mounting height.

Antenna factors only make sense with receiving dipoles. With the assumption of a radiation resistance of 73 ohms and a load resistance of 73 ohms (and 100% efficiency), the

ANTENNA FACTOR $k = 2\pi / \lambda$

As these precision dipoles come with an attenuation plot over frequency for an equal p a i r which shows a total attenuation of 20 dB at some near-center frequency, the total correction can be evaluated: With the 3.16 : 1 voltage dividing "Receiving Dipole" VHAP-E or UHAP-E, this Antenna Factor is 3.16 k at the center frequency. With the 10:1 power ratio "VHAP (–10dB)" or "UHAP(–10dB)" it is 3,82 k at the center frequency. In b o t h cases the dipoles are loaded with a constant frequency-independent resistance of 73 ohms, and only the voltage division ratio of the attenuators are different. For voltage considerations the VHAP-E/UHAP-E-versions are simpler to calculate as the antenna factor expressed in dB is (20 log k) + 10 dB, in the case of the 10:1-power ratio VHAP/UHAP it is (20 log k) +11,64 dB.

For checking an antenna site for dipole attenuation, both systems will provide the same results, as the sum of the individual attenuations is 20 dB in both cases.

A new method for checking a site uses *standardized calculated attenuation values. The calculation uses the ANTENNA FACTOR both for the receiving a n d transmitting dipole (although only antenna factors on the receiving side make sense).* To compare these standardized curves (VDE 0877,part 2) and to receive simple relations by subtracting 2 x 10 dB, *t w o r e c e i v i n g d i p o l e s VHAP-E/UHAP-E must be used instead of the E and S models or the 10 : 1 power ratio version. Nevertheless, the true attenuation of such a "E"-couple will be (20 dB) – 2 x 1.64 dB.*
To avoid the danger of using the wrong type of dipole, we only recommend the 10:1 power ratio models. In case of demand of at least 10 antennas, also the -E and -S models may be furnished. Tables are available both for antenna factors of VHAP-E / UHAP-E and the 10:1 power ratio models VHAP(–10dB) and UHAP(–10dB), also including 10 m cable.

Literature (in German): "Feldstärkemessung", 10-m-Dipolstrecke

Präzisionsdipol VHAP (−10dB) für Feldstärkemessung *Precision Dipole VHAP (−10dB) for Field Intensity*

Frequenz $f_{(MHz)}$ *Frequency MHz*	Dipol-Länge $\lambda/2$ *Dipole Length*	Ant.-Faktor $\frac{2\pi}{\lambda}$ *Ant.-Factor (ratio)*	Ant.-Faktor in dB an 73Ω *Ant.- Factor dB ref. 73 Ω*	Dämpfungsgld. und Übertrager 73 / 50 Ohm *Attenuator + Balun 73 ohms to 50 ohms*	Ant.-Korr. mit Dämpfg. an 50 Ω o.K. *Ant.correct. incl.attenuat. at 50 ohms*	Kabeldämpf. dB *dB Cable Attn.*	Ant.-Korr. VHAP-10dB mit 10 m RG-213/u an 50 Ω *Ant.Corr. VHAP-10dB with 10 m RG-213 cable*
30 MHz	5,00 m	0,6283	−4,036 dB	9,85 dB	+7,454dB	+0,35	7,804 dB
40 MHz	3,75 m	0,8377	−1,538	9,85 dB	+9,952	+0,37	10,32 dB
50 MHz	3,00 m	1,047	+0,401	9,85	+11,891	+0,40	12,29 dB
60 MHz	2,50 m	1,257	1,984	9,88	+13,504	+0,45	13,95 dB
70 MHz	2,14 m	1,466	3,323	9,88	+14,843	+0,50	15,34 dB
80 MHz	1,875 m	1,676	4,483	9,88	+16,003	+0,54	16,54 dB
90 MHz	1,667 m	1,885	5,506	9,88	+17,026	+0,58	17,61 dB
100 MHz	150 cm	2,094	6,421	9,88	+17,941	+0,62	18,56 dB
120 MHz	125 cm	2,513	8,005	9,89	+19,535	+0,70	20,24 dB
140 MHz	107 cm	2,932	9,344	9,89	+20,874	+0,80	21,67 dB
160 MHz	93,7 cm	3,351	10,504	9,90	+22,044	+0,85	22,89 dB
180 MHz	83,3 cm	3,770	11,527	9,95	+23,117	+0,93	24,05 dB
200 MHz	75,0 cm	4,189	12,442	10,00	+24,082	+1,00	25,08 dB
220 MHz	68,2 cm	4,608	13,270	10,00	+24,910	+1,06	25,97 dB
240 MHz	62,5 cm	5,027	14,025	10,01	+25,675	+1,12	26,80 dB
260 MHz	57,7 cm	5,445	14,721	10,02	+26,381	+1,20	27,58 dB
280 MHz	53,6 cm	5,864	15,364	10,03	+27,034	+1,24	28,27 dB
300 MHz	50,0 cm	6,283	15,964 dB	10,05 dB	+27,654dB	+1,28 dB	28,93 dB

Leistungsdämpfung (bei VHAP-10dB) von Armaturverlusten, symm.Dämpfungs- und Anpaßglied, Übertrager und unsymmetrischem Dämpfungsglied der VHAP-10dB.

Power Attenuation (VHAP-10dB) of antenna armature, balun, and fixed attenuators in the precision dipole VHAP-10 dB

Antennenkorrektur der VHAP-10dB, angegeben in dB, bezogen auf die Anschlußbuchse (Typ N), zusammengesetzt aus dem in dB ausgedrückten Antennenfaktor, der Dämpfung der Festteiler und des Symmetrierübertragers und der Spannungstransformation von 73 Ω auf 50 Ω (Rechenwert 1,64 dB). Dieser Wert ist der Empfängerablesung in dB(μV) an 50 Ω hinzuzuzählen, um die Feldstärke in dB(μV/m) zu erhalten, wenn keine Kabelverluste zu berücksichtigen sind.

Antenna Correction of VHAP-10dB, expressed in dB, referenced to the N-connector; it consists of the Antenna Factor in dB, the attenuation of fixed attenuators and the balun and the voltage division ratio 73 / 50 Ω (1,64 dB for calculation). This value has to be added to the receiver dB(μV)-reading at 50 ohms to obtain the Field Intensity in dB(μV/m) if no cable attenuation has to be considered.

Endgültige Antennenkorrektur in dB, wenn auch der Verlust von 10 m RG-213-Koaxialkabel (Typ AK 9513) berücksichtigt werden muß.

Final Antenna Correction if also the loss of 10 m (30 ft) RG-213-coaxial cable has to be considered (Cable AK 9513)

Add this dB-Correction to Receiver reading in dB(μV) at 50 ohms if Field Intensity is measured with VHAP-10dB and a 10 m cable AK 9513.

Dieser dB-Wert wird zur Empfängeranzeige in dB(μV) an 50 Ω hinzugerechnet, wenn mit dem 10 m langen Koaxialkabel AK 9513 und VHAP-10dB Feldstärken gemessen werden, um die Feldstärke in dB(μV/m) zu erhalten.

PRÄZISIONSDIPOLE

VHAP 10 dB
UHAP 10 dB

Bei Feldstärkemessungen mit Halbwellendipolen ist das Problem der Meßgenauigkeit ungelöst. In der Praxis entstehen Reflexionen sowohl im elektrischen System durch Fehlanpassungen wie auch im Meßfeld durch Erdreflexion.
Am Dipol muß mit Impedanzen gerechnet werden, die von der Höhe über Grund, der Auszugslänge und dem Schlankheitsgrad abhängen.
Zusätzliche Fehlanpassung und Dämpfung entsteht im Symmetrierübertrager. Ferner entstehen ganz erhebliche Reflexionen am Empfängereingang, wenn bei hoher Empfindlichkeit keine Dämpfung eingeschaltet ist.

Reflexionen im Meßfeld von der phasenmäßig variablen Addition der Bodenreflexion und der Direktstrahlung erzeugen gleichfalls eine wellige Variation der Kopplung zwischen einem Sende- und einem Empfangsdipol. Dies ist allerdings eine Eigenart des Meßaufbaus und kann nicht unterdrückt werden.
Die Verwendung von Breitbandrichtantennen ist kein Ausweg, denn deren Antennenkorrektur, die im Fernfeld ermitteld wird, ist nicht bei den üblichen Meßentfernungen korrekt.
Eine Möglichkeit der perfekten Anpassung ist der Einsatz von reaktiven Pi-Filtern.

Hiermit ist bei allen Impedanzbedingungen eine perfekte Leistungsanpassung möglich. Diese Methode ist in der Praxis undurchführbar, da 3 - 4 Abgleichvorgänge bei jedem Frequenz- oder Höhenwechsel erforderlich wären.
Dazu müßte der Verlust des Anpaßfilters bei jeder Frequenz berücksichtigt werden.
Eine nahezu ideale Anpassung ist jedoch bei allen Frequenzen und Montagehöhen dann möglich, wenn der Dipol in eine konstante, reflexionsfreie resistive Last von 73 Ω arbeitet. Dies ist der Strahlungswiderstand eines schlanken abgestimmten Halbwellendipols einige Wellenlängen über Grund.
Dieser Lastwiderstand muß symmetrisch angeboten werden und mit bekannter, möglichst konstanter Dämpfung in 50Ω unsymmetrisch umgewandelt werden.
Durch Reflexionsarmut des 50-Ω-Ausgangs wird der Fehlanpassungsverlust auch dann gering, wenn der Empfängereingang durch Nullstellung der HF-Eichleitung erhöhte Reflexion aufweist.

In der Praxis ist es günstig, wenn die Gesamtdämpfung vom Dipol bis zum Koaxialanschluß genau 10,0 dB beträgt.

Die Serie der Präzisionsdipole VHAP (30–300 MHz) und UHAP (300-1000 MHz) ist das geeignete Hilfsmittel zur Verbesserung der Meßgenauigkeit bei Feldstärkemessungen. Sie bieten die oben genannten Eigenschaften in perfekter Weise.– Wenn je 2 Dipole beschafft werden (Sende- und Empfangsantenne), wird ein individuelles Meßdiagramm über die Gesamtdämpfung vom Sendedipol-Eingang bis zum Empfangsdipolausgang mitgeliefert.

PRECISION DIPOLES

VHAP 10 dB
UHAP 10 dB

In field Intensity Measurement work with dipoles there is one problem left: that of total measurement accuracy. Usually there are both reflections in the electrical system due to mismatch between the dipole with its not quite certain resistive and reactive feed-point components which not only depend on height above ground but also on the length-diameter ratio. This first mismatch to the coaxial cable is further increased by the impedances of the balun transformer.

Measurement error is further increased by the usually high mismatch at the receiver input at zero-attenuation of the rf amplifier.

Other reflections that cause a periodic variation of the coupling of a transmitting and a receiving dipole are ground reflections that add in all possible phase relations to the direct radiation. This of course is a function of the measuring site and may not be suppressed.

The use of directive broadband antennas may at first glance seem to be a solution, but unfortunately their antenna corrections determined in far-field set-up are not correct for the usually low measurement distances where the ratio of electric to magnetic component vary.

One perfect way of avoiding the dipole mismatch would be the use of a matching network (reactive Pi-filter) which is able to match both the resistive and reactive component.

This method of course is impractical, because a complicated retuning of 3 - 4 components would have to take place any time the frequency or height above ground is changed. Then the loss of the tuner would have to be inserted in the field-intensity formula.

An almost perfect way of very good match at all frequencies and heights would be a purely resistive load of 73 Ω for the dipole. This is the radiation resistance of a tuned half wave dipol several wavelengths above ground and of slim shape. This resistance must be offered in a balanced mode. The transfer loss to an unbalanced output of 50 Ω should be known to an accuracy of one tenth of a dB. This output impedance should be resistive and kept close to 50 Ω at all frequencies involved. This helps to reduce reflections from the receiver input, if this operates at maximum sensitivity and thus with increased VSWR.

For practical application a total attenuation of 10,0 dB including all losses of balun, cable, connectors and attenuators is desirable for ease of measurement.

The range of Precision Dipoles VHAP and UHAP (vhf, 30 – 300 MHz, and uhf, 300-1000 MHz alternatively) offer great help to the user who is trying to improve accuracy of Field Intensity measurement. They provide all the advantages mentioned above.

If two dipoles are ordered, one for transmission, one for reception, a diagram of total attenuation from the 50 ohms input port of the sending dipole to the output of the directly coupled receiving dipole is furnished. It is therefore advisable to order a complete set.

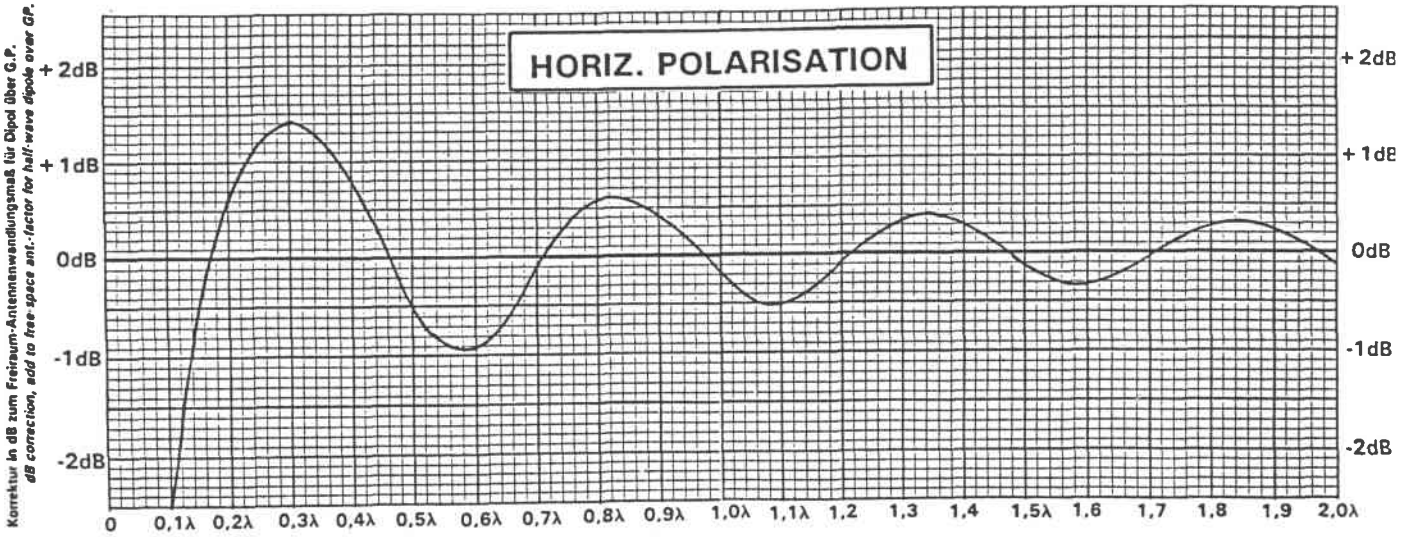
Dipl.-Ing. G. Schwarzbeck
MESS-ELEKTRONIK

Antennenfaktor-Korrektur bei Dipolen in geringer Höhe

Antenna Factor Correction for half-wave Dipoles at low height

Korrektur des Wandlungsmaßes für Halbwellendipol über perfekt leitender Bodenfläche (dB Korr.)

Antenna Factor Correction for the half-wave Dipole over perfectly conductive ground (dB correction)



Dipolhöhe über leitender Bodenfläche in Wellenlängen
Dipole height in wavelength over conductive groundplane

Abhängigkeit des Antennen-Wandlungsmaßes von der Höhe über Grund

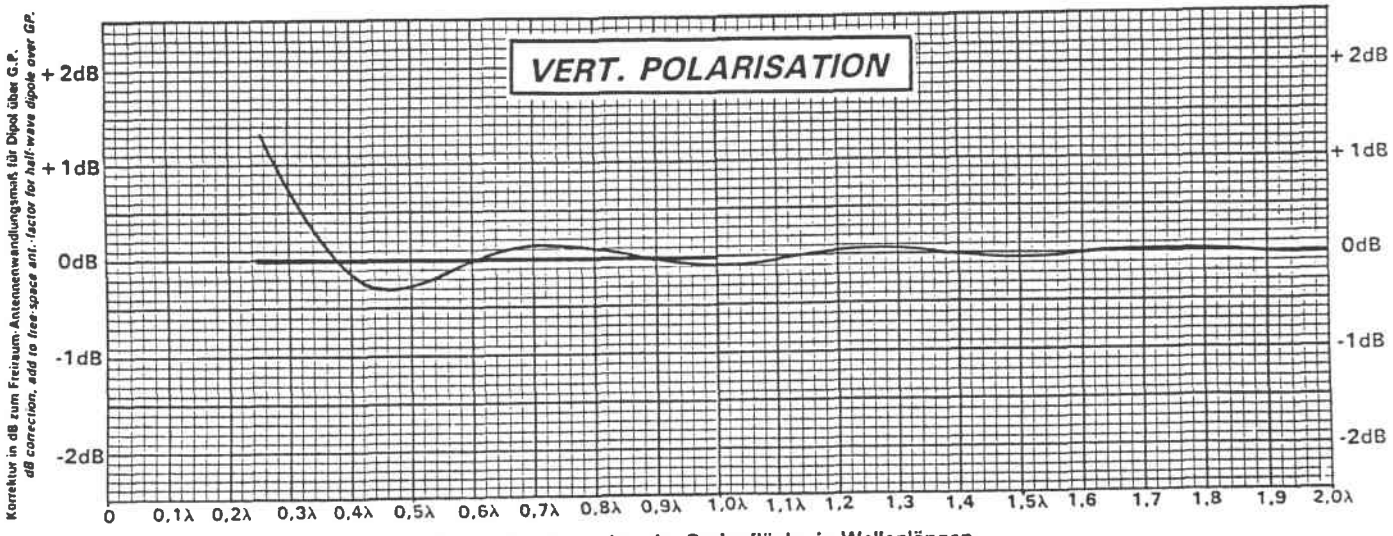
In großer Höhe ist der Antennenfaktor polarisationsunabhängig gleich dem Freiraum-Antennen-Wandlungsmaß. Bei geringen Höhen ist bei vertikaler Polarisation der Einfluß unter 0,5dB ab 0,5 Wellenlängen (ggf. ist jedoch die erdnahe kapaz. Belastung von Einfluß), bei horizontaler Polarisation ab *einer* Wellenlänge Höhe über einer leitenden Bodenfläche.

Height-Dependance of Antenna Factors of Dipoles over conductive ground

In a great height over ground the antenna factor is independent of polarisation and identical with the free-space A.F. At moderate height the ground influence to the A.F. is less than 0.5dB from 0.5 wavelengths height on, with horizontal polarisation from o n e wavelength upward.

Korrektur des Wandlungsmaßes für Halbwellendipol über perfekt leitender Bodenfläche (dB Korr.)

Antenna Factor Correction for the half-wave Dipole over perfectly conductive ground (dB correction)



Dipolhöhe über leitender Bodenfläche in Wellenlängen
Dipole height in wavelength over conductive groundplane

Höhenabhängige Korrektur des Freiraum-Dipol-Antennenfaktors für HORIZONTALE POLARISATION

Frequ./MHz	1,0 m	1,2 m	1,4 m	1,6 m	1,8 m	2,0 m	2,2 m	2,4 m	2,6 m	2,8 m	3,0 m	3,2 m	3,4 m	3,6 m	3,8 m	4,0 m
30	-2,5	-1,7	-1,0	-0,4	-0,1	0,5	0,8	1,1	1,2	1,4	1,4	1,4	1,3	1,2	1,0	0,8
40	-1,4	-0,4	0,3	0,7	1,1	1,3	1,4	1,4	1,3	1,1	0,8	0,5	0,2	-0,2	-0,6	-0,4
50	-0,2	0,5	1,0	1,3	1,4	1,4	1,1	0,8	0,5	-0,1	-0,5	-0,8	-0,9	-0,9	-0,7	-0,4
60	0,5	1,1	1,4	1,4	1,2	0,8	0,3	-0,2	-0,7	-0,9	-0,9	-0,7	-0,3	0,1	0,4	0,6
70	1,0	1,4	1,4	1,1	0,6	-0,1	-0,6	-0,9	-0,9	-0,6	-0,1	0,3	0,5	0,6	0,5	0,3
80	1,3	1,4	1,1	0,5	-0,2	-0,8	-0,9	-0,7	-0,2	0,3	0,6	0,6	0,4	0,1	-0,3	-0,5
90	1,4	1,2	0,6	-0,2	-0,8	-0,9	-0,5	0,1	0,5	0,6	0,4	0,1	-0,3	-0,5	-0,4	-0,1
100	1,4	0,8	-0,1	-0,8	-0,9	-0,4	0,2	0,6	0,6	0,3	-0,2	-0,5	-0,4	-0,1	0,3	0,4
120	0,8	-0,2	-0,9	-0,7	0,1	0,6	0,5	0,1	-0,4	-0,5	-0,1	0,3	0,4	0,2	-0,2	-0,3
140	-0,1	-0,9	-0,6	0,3	0,6	0,3	-0,4	-0,5	-0,1	0,4	0,3	-0,1	-0,3	-0,2	0,2	0,3
160	-0,8	-0,7	0,3	0,6	0,1	-0,5	-0,3	0,3	0,3	-0,1	-0,3	0,0	0,3	0,2	-0,2	-0,2
180	-0,9	0,1	0,6	0,1	-0,5	-0,1	0,4	0,2	-0,3	-0,2	0,2	0,2	-0,2	-0,2	0,2	0,2
200	-0,4	0,6	0,3	-0,5	-0,1	0,4	0,0	-0,3	0,0	0,3	-0,1	-0,2	0,1	0,2	-0,1	0,0
220	0,2	0,5	-0,4	-0,3	0,4	0,0	-0,3	0,1	0,2	-0,2	-0,1	0,2	0,0	-0,2	0,1	0,1
240	0,6	0,1	-0,5	0,3	0,2	-0,3	0,1	0,2	-0,3	0,1	0,2	-0,2	0,0	0,2	-0,1	-0,1
260	0,6	-0,4	-0,1	0,3	-0,3	0,0	0,2	-0,3	0,1	0,1	-0,2	0,1	0,1	-0,2	0,1	0,0
280	0,3	-0,5	0,4	-0,1	-0,2	0,3	-0,2	0,1	0,1	-0,2	0,2	0,0	-0,1	0,2	0,1	0,0
300	-0,2	-0,1	0,2	-0,3	0,2	-0,1	-0,1	0,2	-0,2	0,2	-0,1	-0,1	0,1	-0,2	0,1	0,0

Tabelle 2: Änderung des Antennenfaktors in dB in Abhängigkeit von der Höhe über einer reflektierenden Grundfläche für den Halbwellendipol bei horizontaler Polarisation.
Der Betrag der Änderung ist zum Antennenfaktor aus Tabelle 1 zu addieren.

Frequ./MHz	1,0 m	1,2 m	1,4 m	1,6 m	1,8 m	2,0 m	2,2 m	2,4 m	2,6 m	2,8 m	3,0 m	3,2 m	3,4 m	3,6 m	3,8 m	4,0 m
30									1,3	1,0	0,7	0,5	0,3	0,1	0,0	-0,1
40						0,8	0,9	0,5	0,2	0,0	-0,1	-0,2	-0,3	-0,3	-0,2	-0,2
50				1,2	0,7	0,4	0,0	-0,1	-0,2	-0,3	-0,2	-0,2	-0,1	0,0	0,0	0,1
60			1,0	0,5	0,1	-0,1	-0,3	-0,3	-0,2	-0,1	0,0	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1
70		1,0	0,4	0,0	-0,2	-0,3	-0,2	-0,1	0,0	0,1	0,1	0,1	0,1	0,0	0,0	-0,1
80	1,2	0,5	0,0	-0,2	-0,3	-0,2	-0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,0	0,0	-0,1	-0,1	0,0
90	0,7	0,1	-0,2	-0,3	-0,2	0,0	0,1	0,1	0,1	0,0	0,0	-0,1	-0,1	0,0		
100	0,4	-0,1	-0,3	-0,2	0,0	0,1	0,1	0,1	0,0	-0,1	-0,1	0,0				
120	-0,1	-0,3	-0,1	0,1	0,1	0,1	0,0	-0,1	0,0							
140	-0,3	-0,1	0,1	0,1	0,0	-0,1	0,0									
160	-0,2	0,1	0,1	0,0	-0,1	0,0										
180	0,0	0,1	0,0	-0,1	0,0											
200	0,1	0,1	-0,1	0,0												
220	0,1	0,0	0,0													
240	0,1	-0,1	0,0													
260	0,0	0,0														
280	-0,1	0,0														
300	-0,1	0,0														

Tabelle 3: Änderung des Antennenfaktors in dB in Abhängigkeit von der Höhe über einer reflektierenden Grundfläche für den Halbwellendipol bei vertikaler Polarisation.
Der Betrag der Änderung ist zum Antennenfaktor aus Tabelle 1 zu addieren.

Antenna Factors of Dipoles

The Antenna Factor K (as a ratio, not as a log. dB figure) is the ratio of *field- strength to rms voltage at the antenna terminals across a nominal termination resistance (mostly 73 ohm for slim tuned dipoles - the theoretical radiation resistance - or, for practical applications, 50 ohm cable and receiver input resistance).*

For practical field-strength measurement the logarithmic figure is preferred to replace the multiplication of the ratio K by *addition* of k = 20 log K. In most cases this Antenna Factor is quoted for a 50 ohm load in dB[1/m]. This figure plus the cable attenuation in dB (for a specific frequency) is **added to the dBµV-reading** of a calibrated 50 ohm test receiver to obtain **the field-strength in dBµV/m.**

The Antenna Factor is defined for a lossless tuned (near-) *half-wave Dipole with a very small diameter (- to length ratio) as* π / λ *on a high-impedance receiver input or* $2\pi/\lambda$ *across 73 ohm, the theoretical radiation resistance of a lossless slim dipole.*

The practical formula for the dipole antenna factor is $\mathbf{k = 20 \log (2\pi/\lambda) + a_d}$ for a 73 ohm receiver and cable resistance ($\mathbf{a_d}$ is dipole / balun loss). For the normal case of 50 ohm cable and receiver input and including the *cable attenuation* a_c the practical formula is

$$\textbf{Antenna Factor } k = 20 \log (2\pi / \lambda) + 20 \log \sqrt{73 / 50} + a_d + a_c \quad [\, dB/m \,]$$

In case of ***Precision Dipoles*** with matching resistive attenuators, the "dipole loss" a_d has been designed to a 10 : 1 *power division ratio in both directions. (The voltage division ratio is not 3.16 : 1 due to the different impedances of 73 ohm symmetrical to 50 ohm unsymmetrical, it depends on the energy-flow direction !). These nominal 10 dB attenuations will be slightly higher on the high-frequency end and slightly lower on the low-frequency limit due to balun losses increasing with rising frequency.*

A unique method to obtain the utmost of accuracy for **normalized site-attenuation measurement** (where the sum of both attenuation figures count) is the exclusion of all losses (also coaxial feed cables) by ***normalizing*** these losses to "zero". This function is available in all modern Network Analysers and Spectrum Analysers with Tracking Generators. For ***Precision Dipoles*** special head-to-head connecting adapters are available. Without the process of normalizing the total attenuation might be 21dB at 30 MHz and 25 dB at 1 GHz for a cascaded pair of Precision Dipoles, connected on the symmetrical ends (less dipole rods) and including the intended losses of the 10dB attenuators, the baluns and the cables. By the process of normalization (sometimes "hidden" under the "CAL"-key) the attenuation trace with ripple and falling off to the high-frequency end, the 21dB to 25dB trace becomes a perfectly straight "0dB" reading. With the antenna heads separated and the dipole elements inserted, the theoretical free-space site attenuation between perfect tuned dipoles will be indicated with only tenths of a dB element loss included. Any deviation will be caused by reflections, mainly from conductive ground. Over a perfect metal ground plane and with relatively large separation the attenuation might be up to 6dB smaller by addition of direct ray and ground reflection (or much higher in case of phase opposition). Due to the excellent standing-wave ratio (very close to 1) no mismatch loss will occur. The measurement uncertainty can be reduced to less than 0.2 dB, far below usual deviations from "free-space" or perfect groundplane. (For influence to the free-space antenna factor due to proximity to the G.P. see relevant tables).

Antenna Factors of Precision Dipoles

The antenna factors of VHAP/UHAP are **calculated theoretical values** and it will be easy for the user to draw a graph for AF and gain. If these antennas are actually *measured and /or calibrated individually, a table of a great number of test frequencies will be provided for isotropic gain, gain over dipole and AF, together with graphs for Iso-gain and AF.* As these precision dipoles get their accuracy from the **calculated gain and AF figures**, no measurements are performed exept the very precise (< 0.1dB) attenuation of a pair of VHAP or a pair of UHAP. Practical measurements suffer from ambient influences and are less accurate. If a user wants to get a near-free-space calibration, it can be offered, but is not considered economical by the manufacturer. A text book of a great number of measurements with different element configurations, including the effect of telescopic elements with different tapering, biconical elements, feed-point resistance and reactance, influence of small separations (near-field effects) and more general information is available. (Self-cost price DM 165,-- + mailing).

If the *normalization method* for a pair of precision dipoles (described in AN 60826) is used, the accuracy available is better than +/- 0.2dB. By direct application of the data included plus the attenuation calibration, the measurement uncertainty under free-space conditions is <0.5dB. Practical comparison measurements during the E.U. BCR project at NPL have shown differences below 0.5dB. (Other manufacturers usually quote +/- 2dB).

The AF is independent of separation except for the extreme near field ($\lambda / 2\pi$) where accurate measurements are generally impossible due to shape and size of antennas. This influence becomes very small for distances of 3m and more in the range 30 MHz to 1 GHz. Accurate field-strength measurements require at least 10m separation.

The influence of distance is important for antennas with moving phase centre, such as log.-periodic or Log-Bicon Antennas. If in this case the separation is measured at the **tip** of the antenna, the "fictitious AF" will be higher with small separations. (With typical EMC antennas 1 to 2 dB at 3m and 5dB at 1m). This effect does not occur with dipoles with the fixed phase centre. With some compromise calibration configurations, an AF change with different distances may be caused by ground influence (extreme near-field excluded).

If the **gain** of an antenna is known, the antenna factor may be calculated for specific frequencies. Tuned (near-) half-wave dipoles show a constant gain for the resonant frequency. For lossless dipoles this gain is 0dBd (dB over the lossless tuned dipole) or 2.15dBi over an isotropic radiator (mainly a mathematical omni-directional antenna model).

Due to the reduced size of dipoles for higher frequencies the output voltage at 50 ohm will be halved when the frequency is doubled. The antenna factor rises by 6 dB. For 10 times the frequency, the AF of a lossless tuned dipole will be 20 dB higher. As the AF contains the frequency (in contrast to the gain figure) the maximum of the gain might slightly differ from the frequency of minimum antenna factor.

The element length is with cylindrical dipoles 3% to 5% shorter than a geometrical half wave length, depending on the element diameter-to-length ratio for zero reactance. For telescopic elements the resonant length is near or equal to the geometrical length. In many cases it is quite sufficient to extend to a geometrical half wave. Generally it is *n o t* possible to tune a precision dipole with resistive attenuator to minimum vswr, as the error of a reflection test head will often be in the same order as the return loss of VHAP / UHAP. The vector sum might indicate a wrong frequency at the (fictitious) vswr minimum.

Dipl.-Ing. G. Schwarzbeck
MESS-ELEKTRONIK

Betr.: Präzisionsdipole VHAP, UHAP, Kalibriergrundlagen, int. Vergleichsmessungen

Für jedes Paar Präzisions-Dipole wird vor der Auslieferung ein Dämpfungsprotokoll individuell aufgenommem, aus dem die Summendämpfung mit einer Auflösung von 0,1 dB/ Dipol ersichtlich ist. Zusammen mit der Tabelle der *errechneten* Antennen-Wandlungsmaße (Log.Antennenfaktoren) können diese zur Korrektur der Tabellenwerte benutzt werden. Die Messunsicherheit dieser Dämpfungs-Plots beträgt < ± 0,07 dB. Diese hohe Genauigkeit ist im Regelfall nicht auszunutzen, da die Umgebungseinflüsse in der Praxis um mehr als eine Größenordnung höher liegen.

Diese Präzisionsdipole sind weltweit im Einsatz und generell anerkannt (z.Tl. unter der R&S-Bezeichnung HZ-12 und HZ-13). Während die Mehrzahl der nationalen Eichanstalten i.a. noch keine Antennen-Faktor-Kalibrierungen durchführt, sind optimale Erkenntnisse aus einem Ringvergleich und Eichungen durch das *National Physical Laboratory (NPL, GB)* vorhanden. Dieser Ringvergleich wurde durch einen Auftrag der Europa-Union (Brüssel) in den Jahren 1993 bis 1995 durchgeführt (MAT 1 - CT 92-0026) mit 15 EU-Ländern und dem ***NPL*** als Pilot-Laboratorium. Dort wurden 2 Satz unserer Präzisionsdipole, unsere Bikonus-Antenne BBA 9106 in Halter / Balun VHBB 9124, eine LP-Antenne von R&S, eine ähnliche von Chase, eine Bikonusantenne von ARC und ein Spezial-Kalibrierdipol von NPL nacheinander an 15 nationale Eichanstalten und Kalibrier-Laboratorien verschickt. Wir waren der deutsche Teilnehmer und erhielten diese von NPL gekauften Antennen als erstes Labor. Unsere Messungen erfolgten unter Anwendung eines neuen, hier entwickelten "Quasi-Freiraum-Kalibrier-Verfahrens" (während die Mehrzahl der Teilnehmer in Festhöhen über einer Metall-Bodenfläche gemessen haben).

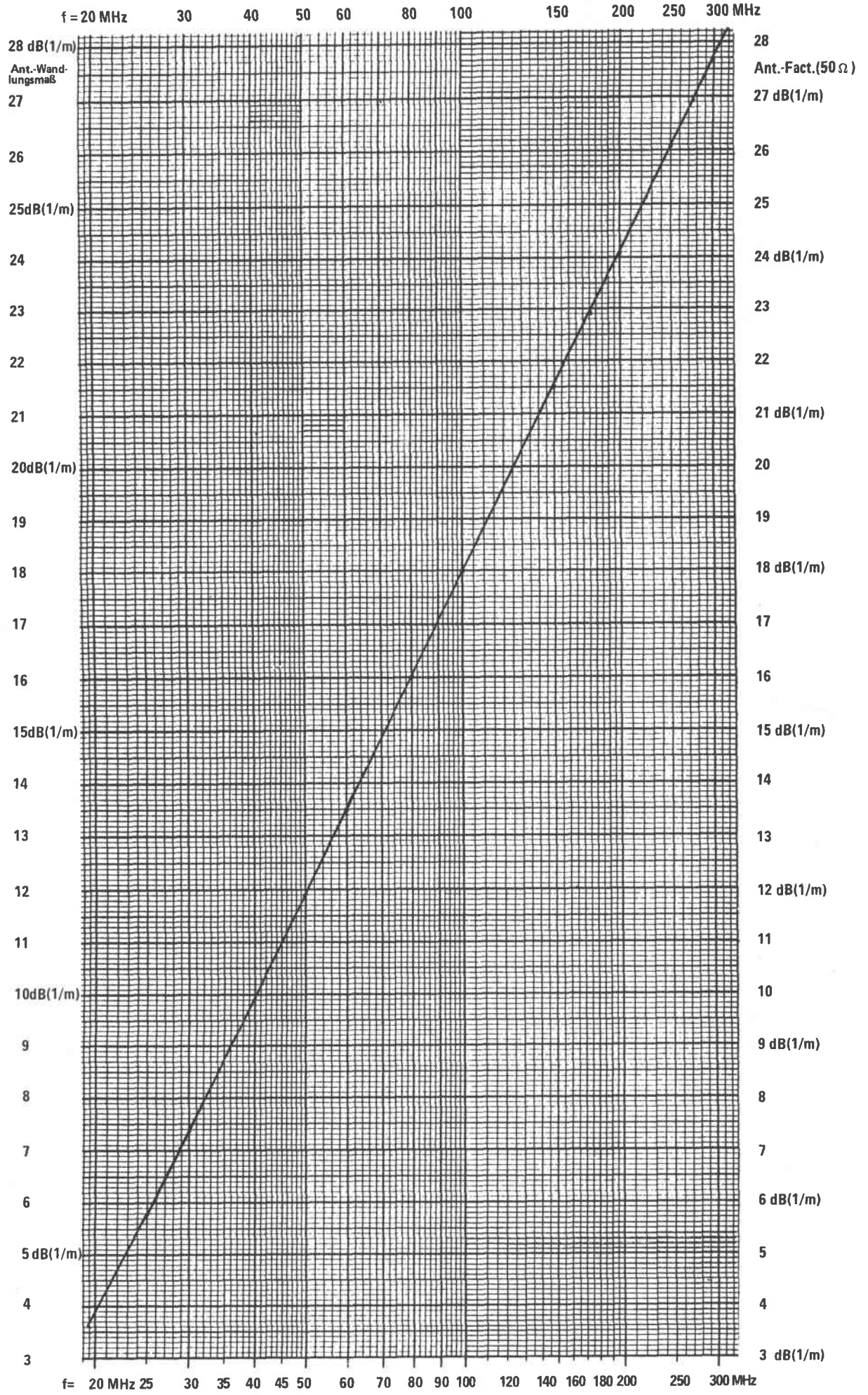
D r e i der Teilnehmer (darunter Schwarzbeck) lagen mit ihren Messergebnissen innerhalb ± 1 dB gegenüber den gemittelten NPL-Messwerten (teilweise nach einer späteren Zweitkalibrierung). Die Kategorie ± 0,5 dB wurde mit der höchsten Quote von 96% von *Schwarzbeck* erfüllt (in der Zeitabfolge erster Teilnehmer und nur *eine* Messaktion).

Diese Ergebnisse wurden "anonymisiert" vom Pilotlaboratorium NPL in der britischen wissenschaftlichen Publikation **IEE Proc.-Sci. Meas. Technol., Vol. 143, No.4, July 1996** vom Leiter der zuständigen NPL-Abteilung, M.J.Alexander, veröffentlicht. Labor "D" ist der deutsche Teilnehmer *Schwarzbeck.*

Die Messergebnisse der Präzisionsdipole VHAP und UHAP stimmten mit weit geringerer Streubreite als die von NPL und Schwarzbeck angegebene totale Messunsicherheit von < ± 0,7 dB mit den theoretischen Werten für die Antennenfaktoren überein. Hierzu sind Sonderdrucke und Applikationsberichte vorhanden.

Schwarzbeck MESS-ELEKTRONIK D-69250 Schönau (FRG), Fax **49* 6228-1003

ANTENNEN-WANDLUNGSMASS (Ref. 50 Ω N-Buchse) Präzisions-Dipol VHAP *ANTENNA FACTOR (dB/m, Ref. 50 Ω, N Conn.) VHAP*



SCHWARZBECK MESS - ELEKTRONIK

An der Klinge 29 D-69250 Schönau Tel.: 06228/1001 Fax.: (49)6228/1003

Rückführbarkeit von Meßgrößen auf nationale und internationale Normale

Traceability to national and international Standards

Einführung

In vielen Bereichen der Technik ist es von enormer Bedeutung, (unvermeidliche) Meßfehler so gering wie möglich zu halten. Darüberhinaus ist die Kenntnis der auftretenden Messunsicherheiten für den Anwender wichtig, um eine Abschätzung des resultierenden Gesamtfehlers einer Messung vornehmen zu können. Ein möglicher Ansatz zur Verringerung von Messunsicherheiten ist die Rückführung von Meßgrößen auf nationale und internationale Normale. Meist werden diese Normale von den metrologischen Instituten der jeweiligen Länder (z.B. PTB in Deutschland oder NPL in England oder NIST in Amerika) betreut. Bei der Rückführung der wichtigsten Meßgrößen versuchen die metrologischen Institute, sich auf Naturkonstanten (z.B. μ und ε) zu beziehen. Für viele technische Meßgrößen gibt es keinen direkten Bezug auf ein Normal, sondern die jeweilige technische Meßgröße wird von einer oder mehreren Grundgrößen in irgendeiner Form abgeleitet.

Introduction

There are many technical applications where it is essential to keep (unavoidable) measurement errors at a minimum. The knowledge about measurement uncertainties is important for the operator to estimate the resulting error of a measurement task. A possible approach to minimise the measurement uncertainty is the traceability of measurands to national or international standards. Usually the the metrologic institutes (e.g. NIST in USA, NPL in UK, PTB in Germany) take care for these national standards. The traceability of the national standards is based on natural constants (i.e. μ or ε) if possible. Many technical measurands do not have a direct relation to a national standard, but the respective measurand is derived from one or more basic units in a certain way.

Bei Antennenkalibrierungen ist der direkte Bezug auf ein Normal problematisch bzw. in der Regel sogar unmöglich. Wesentlich bessere Genauigkeiten können durch Anwendung der 3-Antennen Methode erzielt werden. Die dabei zu messenden Größen "HF-Dämpfung" und "Länge" lassen sich letztendlich auch auf die Naturkonstanten μ und ε zurückführen. Üblicherweise wird die Rückführbarkeit, die verwendeten Meßgeräte und deren Kalibrierscheinnummern sowie die Messunsicherheit im Kalibrierschein dokumentiert. Bei der Angabe der Messunsicherheit wird normalerweise ein 95% Vertrauensintervall (k=2) angenommen, d.h. 95% aller Messwerte liegen innerhalb des angegebenen Messunsicherheitsbereichs.

Antenna calibrations do usually not refer to a standard antenna because of unavailability in many frequency ranges. A by far better measurement accuracy can be achieved by applying the 3-antenna method. The required measurands for antenna factor and gain calibration are "RF-attenuation" and "length", which are both traceable to the natural constants μ and ε. The traceability, the measurement uncertainty, the equipment used and the related calibration due dates are documented in the calibration certificate. The measurement uncertainty is usually provided for a probability interval of 95% (k=2), which means that 95% of all measured values are within the stated uncertainty margin.

Die wichtigsten technischen Meßgrößen, die in unserem Kalibrierlabor gemessen werden, sind:

- Antennen-Wandlungsmaß
- Antennengewinn
- E-Feldstärke
- H-Feldstärke
- VSWR
- Impedanz
- Dämpfung
- Spannung
- Strom

The most important measurands to be calibrated in our laboratory are:

- *Antenna factor*
- *Antenna gain*
- *E-fieldstrength*
- *H-fieldstrength*
- *VSWR*
- *Impedance*
- *Attenuation*
- *Voltage*
- *Current*

SCHWARZBECK MESS - ELEKTRONIK

An der Klinge 29 D-69250 Schönau Tel.: 06228/1001 Fax.: (49)6228/1003

Rückführbarkeit von Meßgrößen auf nationale und internationale Normale
Traceability to national and international Standards

Ein Großteil der zuvor genannten Messungen wird mit sehr genauen vektoriellen Netzwerkanalysatoren durchgeführt. Für die Meßgrößen Impedanz und VSWR liegen hochpräzise und langzeitstabile Normale vor, die vor jeder Messung zur Kalibrierung des Netzwerkanalysators eingesetzt werden. Zur Kalibrierung der Dämpfungsmessung sind zwei hochpräzise, mechanische Hohlrohrteiler vorhanden, die eine Meßunsicherheit von weniger als +/- 0.05 dB ermöglichen. Damit wird die HF-Dämpfungsmessung auf eine (geometrische) Länge zurückgeführt. Zur Messung von Spannungen bzw. Leistungen stehen diverse thermische Leistungsmesser bis 40 GHz zur Verfügung. Die Erzeugung genau definierter Feldstärken erfolgt mit Helmholtzspulen, Senderahmen, Streifenleitern, TEM-Zellen und einer Vielzahl von präzisen Antennen.

Ringvergleiche

Durch die Teilnahme an Europa- und Weltweiten Ringvergleichen wurde die Qualifikation unseres Kalibrierlabors mehrfach unter Beweis gestellt. Weiterführende Literatur hierzu findet man unter anderem in IEE Proceedings Sci. Meas. Technol., Vol.143, No.4, July 1996.

Normung

Darüberhinaus sind wir in verschiedenen Normungsgremien aktiv, um auf zukünftige Anforderungen schnell reagieren zu können.

Rückführbarkeit

Die zur Kalibrierung verwendeten Messmittel werden von DKD-Labors kalibriert. Über die DKD Kalibrierscheinnummer der Messmittel lassen sich die kalibrierten Messgrößen auf nationale Normale zurückführen. Die Rückführbarkeit wird durch internationale Abkommen der European cooperation for Accreditation (EA) und der International Laboratory Accreditation Cooperation (ILAC) gegenseitig in den folgenden Ländern anerkennt:
Deutschland, Belgien, Dänemark, Finnland, Frankreich, Irland, Italien, Niederlande, Norwegen, Österreich, Portugal, Schweden, Schweiz, Slowakei, Spanien, Tschechien, Groß Britannien, Australien, Brasilien, China, Indien, Japan, Kanada, Neu Seeland, Singapur, Südafrika, Taiwan, USA, Vietnam.

The major part of the before mentioned measurands are measured using very accurate vector network analysers. For the measurands VSWR and impedance there are time invariant high precision standards available in our laboratory, which are used to calibrate the network analyser before each measurement session. Attenuation measurements are calibrated using piston attenuators, which provide a measurement uncertainty of better than +/- 0.05 dB. The piston attenuator allows to trace the RF-attenuation to a geometrical length. For voltage and power measurements several thermocouple sensors from DC to 40 GHz are in use. The generation of precisely defined fields is made with Helmholtz coils, transmit loop antennas, striplines, TEM-cells and a variety of precision antennas.

Laboratory Intercomparisons

The qualification of our calibration laboratory was proved in several european- and worldwide intercomparisons. Further information about the antenna calibration intercomparison can be found in IEE Proceedings Sci. Meas. Technol., Vol.143, No.4, July 1996.

Standardisation

We are also member in several standardisation committees in order to provide solutions in time for future requirements.

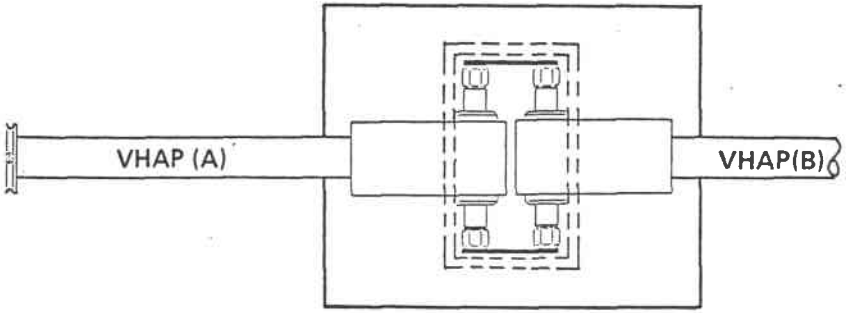
Traceability

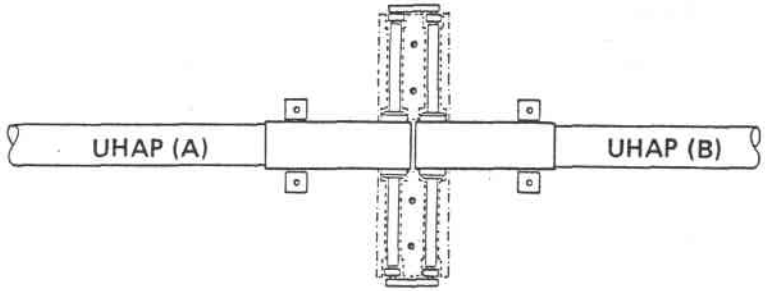
The measurement equipment in use for calibration is calibrated in DKD accredited laboratories. The traceability of the measurands follows from the DKD-numbers of our measurement equipment. By multilateral agreements of the European cooperation for Accreditation (EA) and the International Laboratory Accreditation Cooperation (ILAC) traceability to DKD standards is recognized by the accreditation bodies of the following countries:
Germany, Belgium, Denmark, Finland, France, Ireland, Italy, The Netherlands, Norway, Austria, Portugal, Sweden, Switzerland, Slovakia, Spain, Czechia, United Kingdom, Australia, Brasilia, China, India, Japan, Canada, New Zealand, Singapore, South Africa, Taiwan, USA, Vietnam.

KOPPEL- und KALIBRIER-ADAPTER für PRÄZISIONS-DIPOLE V H A P u n d U H A P

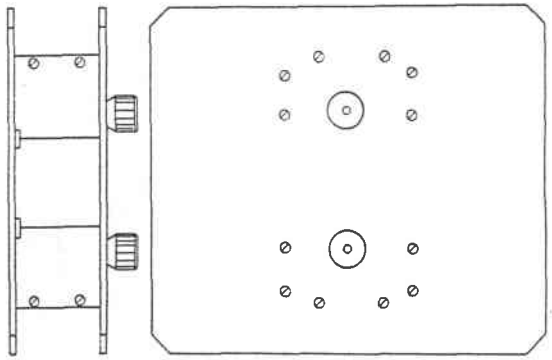
COUPLING and CALIBRATION ADAPTERS for PRECISION DIPOLES V H A P and U H A P

Dipl.-Ing. G. Schwarzbeck
MESS-ELEKTRONIK
An der Klinge 29, D-69250 Schonau (FRG)
(D) Tel.: 06228 - 1001*, int.: (**49) 6228-1001*
(D) Fax: 06228 - 1003, int.: (**49) 6228-1003



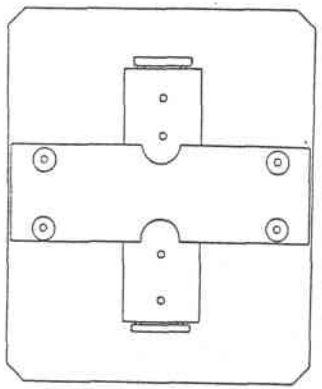


VHAP Kalibrier-Adapter (VHF)

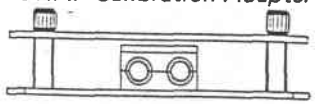


VHAP CALIBRATION ADAPTER 30 – 300 MHz

UHAP Kalibrier-Adapter (UHF)



UHAP Calibration Adapter



300 – 1000 MHz

Die Koppel- und Kalibrieradapter verbinden die symmetrischen Element-Spannzangen (Z = 73 Ω) von zwei identischen Präzisionsdipolen VHAP und UHAP „Kopf an Kopf", so daß die Gesamtdämpfung von ca. 20dB in einem 50-Ohm-System sehr genau gemessen werden kann. Diese Ergebnisse können bei sehr genauen Vergleichsmessungen von Gewinn und Antennen-Wandlungsmaß berücksichtigt werden. Mit modernen Netzwerkanalysatoren können die gesamten Systemverluste (Kabel, Dämpfungsglieder, Welligkeiten, Koaxialverbindungen) auf eine „Referenz 0,00 dB" gebracht werden.Damit sind nur noch die meist vernachlässigbaren Elementverluste und die zu messende Felddämpfung im Meßergebnis enthalten. Der VHAP-Adapter ist im gesamten VHF-Bereich praktisch verlust- und strahlungsfrei, da die Element-Spannzangen kurz gegen die Wellenlängen sind. Bei dem UHAP-Koppeladapter ist die Spannzangenlänge bei 700 MHz in einer Eigenresonanz (wegen des Schiebeweges der 4 mm Elemente müssen die Spannzangen eine Mindestlänge aufweisen). Hier ist ggf. Feinjustage der Koppelstecker bzw. Ausblendung eines geringen Teilbereiches erforderlich.

Diese Adapter werden in Einzelfertigung erstellt und sind i.d.R. nicht ab Lager lieferbar. Normale Lieferzeit ca. 8 Wochen.