

MW- Kreuzdipol

1539 kHz, 700 kW

Mainflingen

**Technische Dokumentation
zur Einmessung
im März 2006 -
mit Ergänzung Oktober 2007**



MW Kreuzdipol Mainflingen 1539 kHz, 700 kW
Technische Dokumentation zur Abnahme im März 2006

Inhaltsverzeichnis

- 1.0 Einleitung und Prinzip der Antenne**
- 2.0 Schaltbild der Abstimmittel und Betriebswerte**
- 3.0 Messwerte der Antennen- Impedanz**
- 4.0 Messwerte der Impedanz am 50-Ohm-Kabel**
- 5.0 Spulen und Kondensatoren, eingestellte Werte**
- 6.0 Funkenstrecken**
- 7.0 Messgeräte**
- 8.0 Anlagen**

MW Kreuzdipol Mainflingen 1539 kHz, 700 kW

Technische Dokumentation zur Abnahme im März 2006

1.0 Einleitung und Prinzip der Antenne

Der horizontale Kreuzdipol hat die Eigenschaft, eine Rundfunk- Versorgung im Wesentlichen mit Raumwelle am Abend und in der Nacht zu gewährleisten. Ziel ist es, ein Versorgungsgebiet von mehreren hundert Kilometern ohne eine große Fading Zone, die sich durch Interferenzen von Bodenwellen- und Raumwellenausbreitung ergibt, zu erreichen. Bei vertikal polarisierten Antennen ergeben sich deutlich größere Fading Zonen, die entstehen, wenn Boden- und Raumwellenfeldstärken etwa gleich groß sind. Die mit zirkularer Polarisation vertikal abgestrahlte Energie des horizontalen Kreuzdipols wird während der Zeit untergegangener Sonne optimal an der Ionosphäre reflektiert. Wegen der eingeschränkten Nutzungsmöglichkeit und des großen Aufwandes gab und gibt es nur wenige horizontale MW Sendeantennen.

- Eine Richtantenne bestehend aus zwei parallelen Faltdipolen (ebenfalls in Mainflingen, aber nicht mehr existierend)
- Eine Test Antenne für vertikale Abstrahlung in Beromünster (Schweiz), die nicht mehr existiert.
- Eine Test Antenne für vertikale Abstrahlung in Sarnen (Schweiz), die Mitte der Neunziger abgebaut wurde.
- Ein horizontaler Halbwellen-Falt-Dipol in Wolveterem (Belgien), der noch existiert aber nicht mehr genutzt wird.
- Eine Kreuzdipol-Antenne in Berlin- Britz für die Versorgung der DDR, die nach der Wiedervereinigung demontiert wurde.
- Eine Kreuzdipol-Antenne in Arganda nahe Madrid für die Versorgung von ganz Spanien, die in Betrieb ist.

Die Kreuzdipol-Antenne besteht aus fünf abgespannten Tragemasten und zwei horizontalen Dipolen, die an der Spitze der Maste montiert sind.

MW Kreuzdipol Mainflingen 1539 kHz, 700 kW
Technische Dokumentation zur Abnahme im März 2006

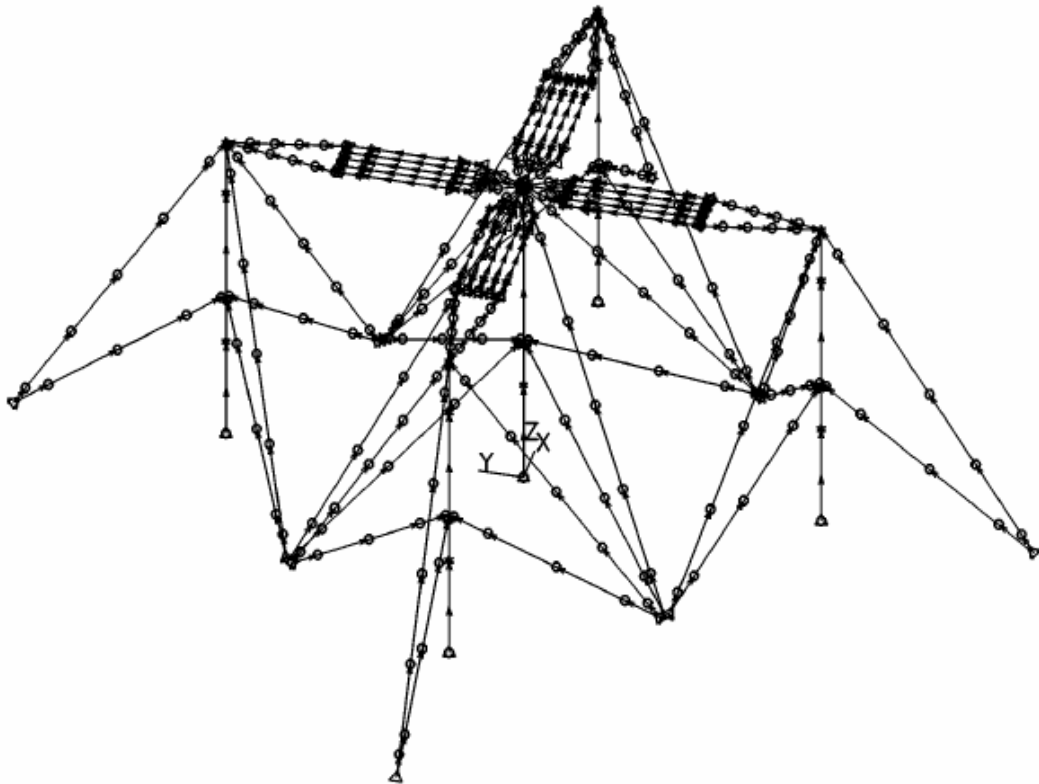


Bild 1: Computer Modell

Das wichtigste Kriterium für das Aussehen des Vertikaldiagramms ist die Aufhängenhöhe der Dipole. Das Strahlungsdiagramm muss z. B. das Maximum in vertikaler Richtung haben, wenn die optimale Raumwellenversorgung für kurze Entfernung gewünscht wird. Das kann mit einer niedrigen Aufhängenhöhe von z.B. 0.1λ erreicht werden.

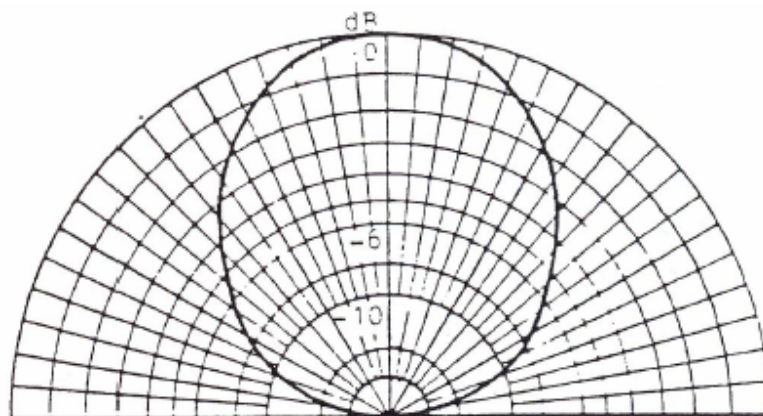


Bild 2: Vertikal Diagramm einer Kreuzdipol- Antenne
für eine Aufhängenhöhe von 0.1λ

Ein deutlich größeres Versorgungsgebiet wurde für die Kreuzdipol- Antenne in Mainflingen angestrebt. Daher wurde eine Aufhängenhöhe von 0.4λ gewählt, um ein viel breiteres Vertikaldiagramm zu bekommen.

MW Kreuzdipol Mainflingen 1539 kHz, 700 kW

Technische Dokumentation zur Abnahme im März 2006

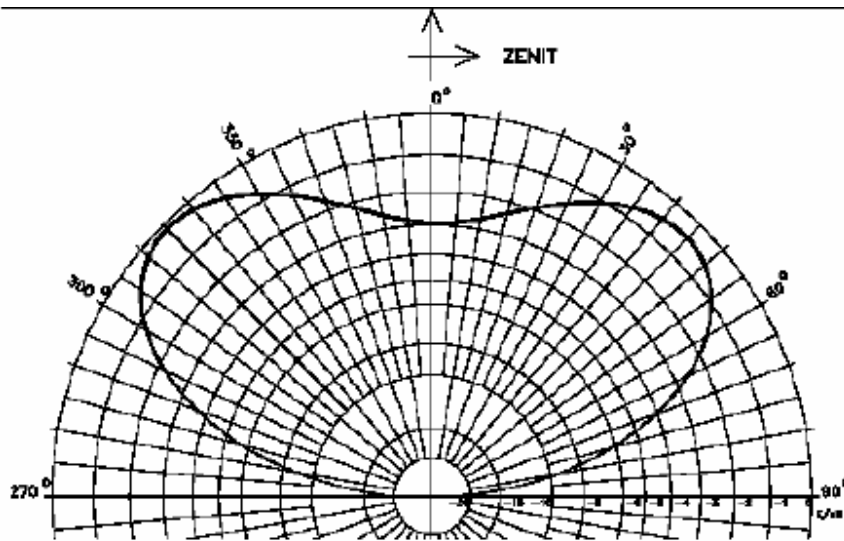


Bild 3: Vertikal Diagramm einer Kreuzdipol- Antenne für eine Aufhängehöhe von 0.4λ

Darüber hinaus muss die Polarisation der vertikal abgestrahlten Wellen mit der Polarisation der ordentlichen Welle korrespondieren. Denn die in die Ionosphäre einfallende Welle spaltet sich in eine ordentliche und eine außerordentliche Welle. Die außerordentliche Welle wird nahezu vollständig an der Ionosphäre gedämpft und liefert keinen Beitrag zu der Empfangsfeldstärke auf der Erde. Nur der korrekte Drehsinn der Polarisation regt die ordentliche Welle an. Deshalb werden die beiden Dipole mit derselben Amplitude aber mit einer Phasenverschiebung von 90 Grad gespeist. Der Dipol in der x-Achse eilt dem Dipol in der y-Achse voraus. Der Drehsinn der Polarisation ist im Uhrzeigersinn, wenn man von der Erde zur Ionosphäre schaut bzw. entgegen dem Uhrzeigersinn, wenn man von oben auf die Antenne schaut.

Jeder Dipol wird über ein Kabel von 75Ω gespeist, das mittels eines zweiten Kabels (hier Rohrleitung) zu einem Symmetrier- und Transformationsglied (Carter-Schleife oder Stichleitung genannt) gemacht wird.

MW Kreuzdipol Mainflingen 1539 kHz, 700 kW

Technische Dokumentation zur Abnahme im März 2006

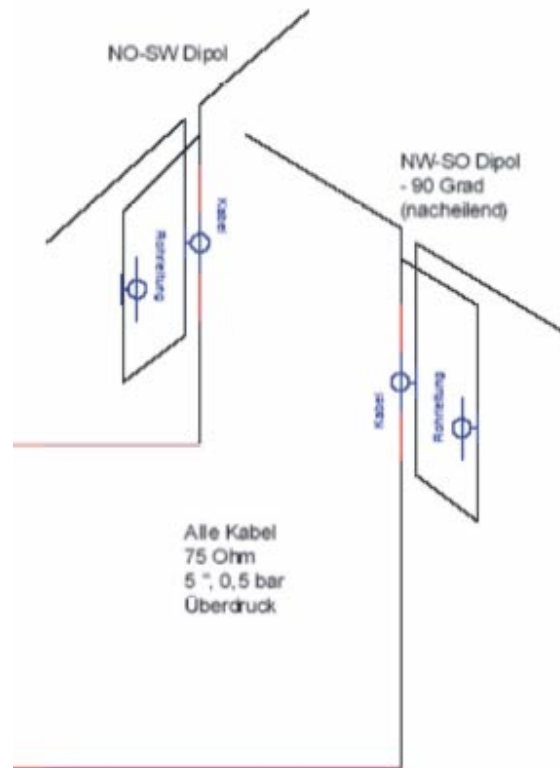


Bild 4: Dipole mit Symmetrier- und Transformationsglied

Die Anpassung der Dipolimpedanz auf den Wellenwiderstand des Kabels (75 Ω) kann durch folgende Einstellungen erreicht werden:

- die Länge der Dipole und
- die Länge der Stichleitung, die sich parallel zum Speisepunkt befindet.

Die eingestellte Länge der Stichleitung beträgt ca. 42 m.

Die vier äußeren Maste sind am Fußpunkt isoliert. Der Fußpunktisolator wird mittels einer Induktivität überbrückt. Durch Variation dieser Induktivität ist es möglich, die Anregung der vertikalen Maste zu minimieren, um zu erreichen, dass eine möglichst geringe Bodenwellenstärke in den Ortschaften in der Nachbarschaft der Antenne ankommt. Die Induktivität wird durch eine kurzgeschlossene koaxiale Leitung gebildet. Als Außenleiter dieser koaxialen Leitung fungiert der Mast, als Innenleiter ein im Mast isoliert aufgehängtes Aluminium-Seil von 12 mm. Die Höhe des Kurzschlusses zwischen Mast und Innenleiter bestimmt die Größe der Induktivität.

Aus den Computermodellen (berechnet mit der Software LINAN von TRANSRADIO) ergibt sich ein Minimum der abgestrahlten Bodenwellenfeldstärken von den vertikalen Masten, wenn die Fußpunkt- Reaktanz an den äußeren Masten $+j145 \ \Omega$ ist. Die folgende Tabelle zeigt das Ergebnis von 6 Computerläufen, für die die Fußpunkt- Reaktanz variiert wurde.

MW Kreuzdipol Mainflingen 1539 kHz, 700 kW
Technische Dokumentation zur Abnahme im März 2006

Kreuzdipol Mainflingen		
Fußpunkt- X an den Außen- Masten X/Ohm (LINAN Eingabe)	X/2 in Ohm (einzustellender Wert)	E/E _{max}
200	100	0,0619
280	140	0,0245
300	150	0,0244
320	160	0,0348
400	200	0,0871
600	300	0,244

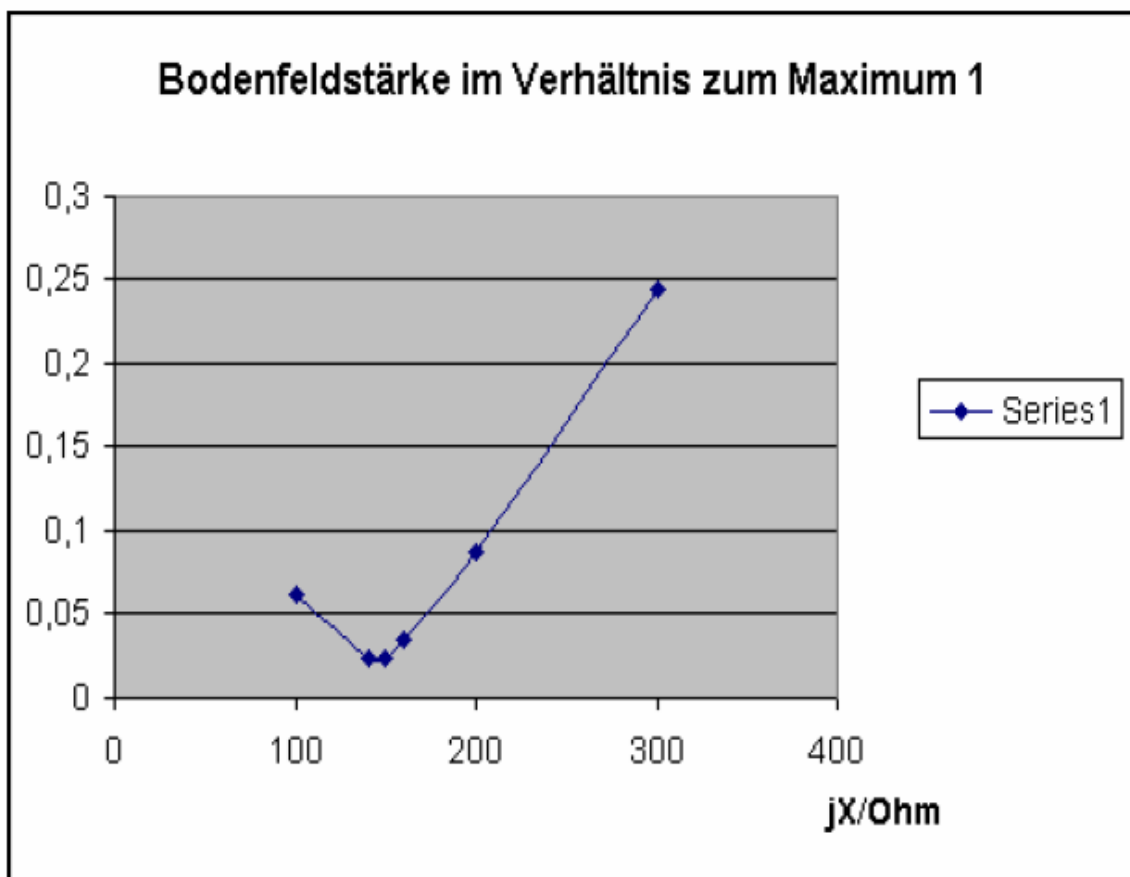


Bild 5: Minimale Bodenfeldstärken in Abhängigkeit der Reaktanz am Fußpunkt der äußeren Maste

Der Kurzschluss, der Mast und Innenleiter verbindet, befindet sich in einer Höhe von ca. 12 m und überbrückt den sich dort befindenden Ei-Isolator.

Bei den folgenden theoretischen Horizontal- und Vertikaldiagrammen wurde für die Fußpunkt- Reaktanz + j 150 Ohm eingesetzt.

MW Kreuzdipol Mainflingen 1539 kHz, 700 kW
Technische Dokumentation zur Abnahme im März 2006

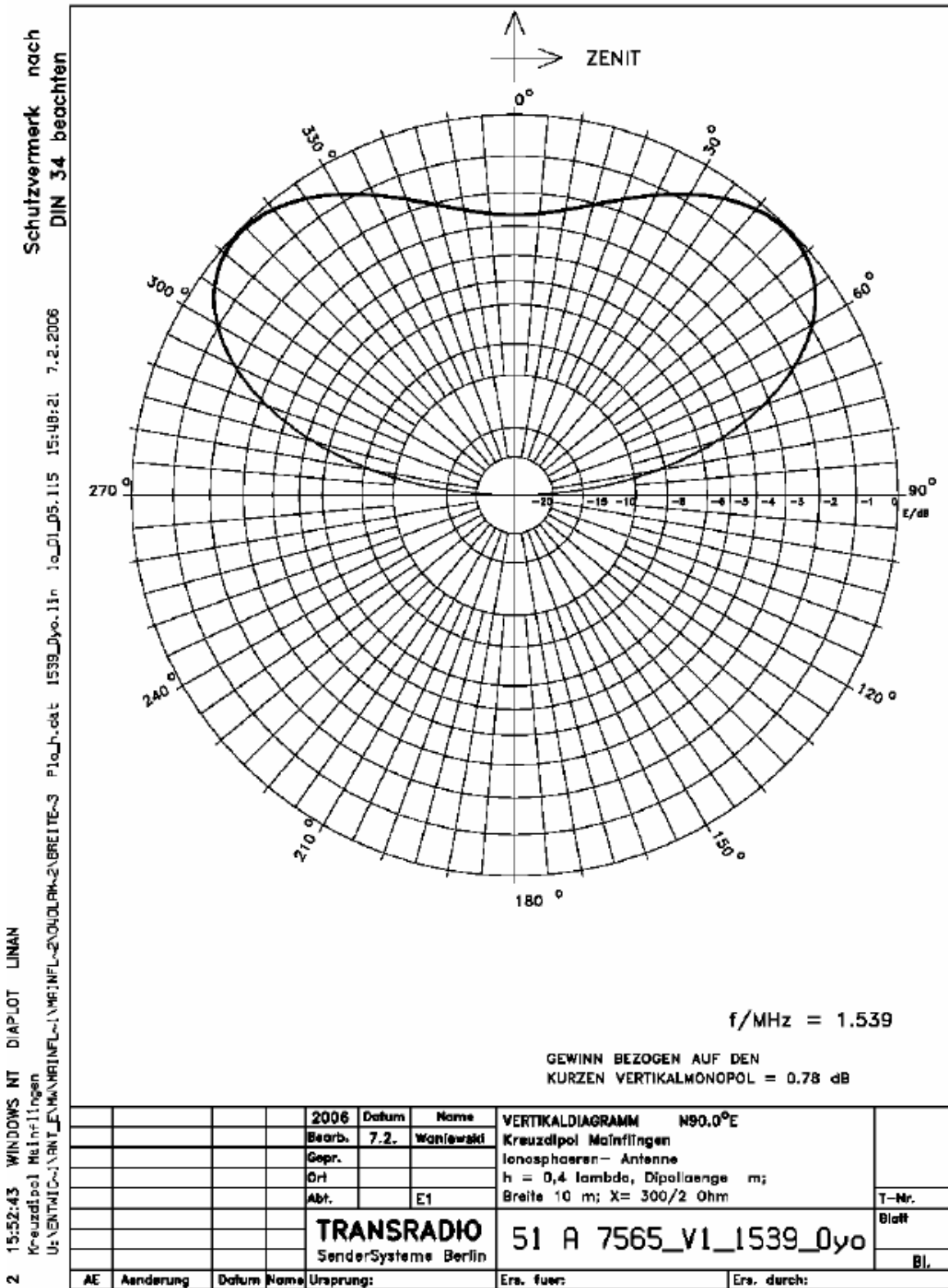


Bild 6: Theoretisches Vertikaldiagramm

MW Kreuzdipol Mainflingen 1539 kHz, 700 kW
Technische Dokumentation zur Abnahme im März 2006

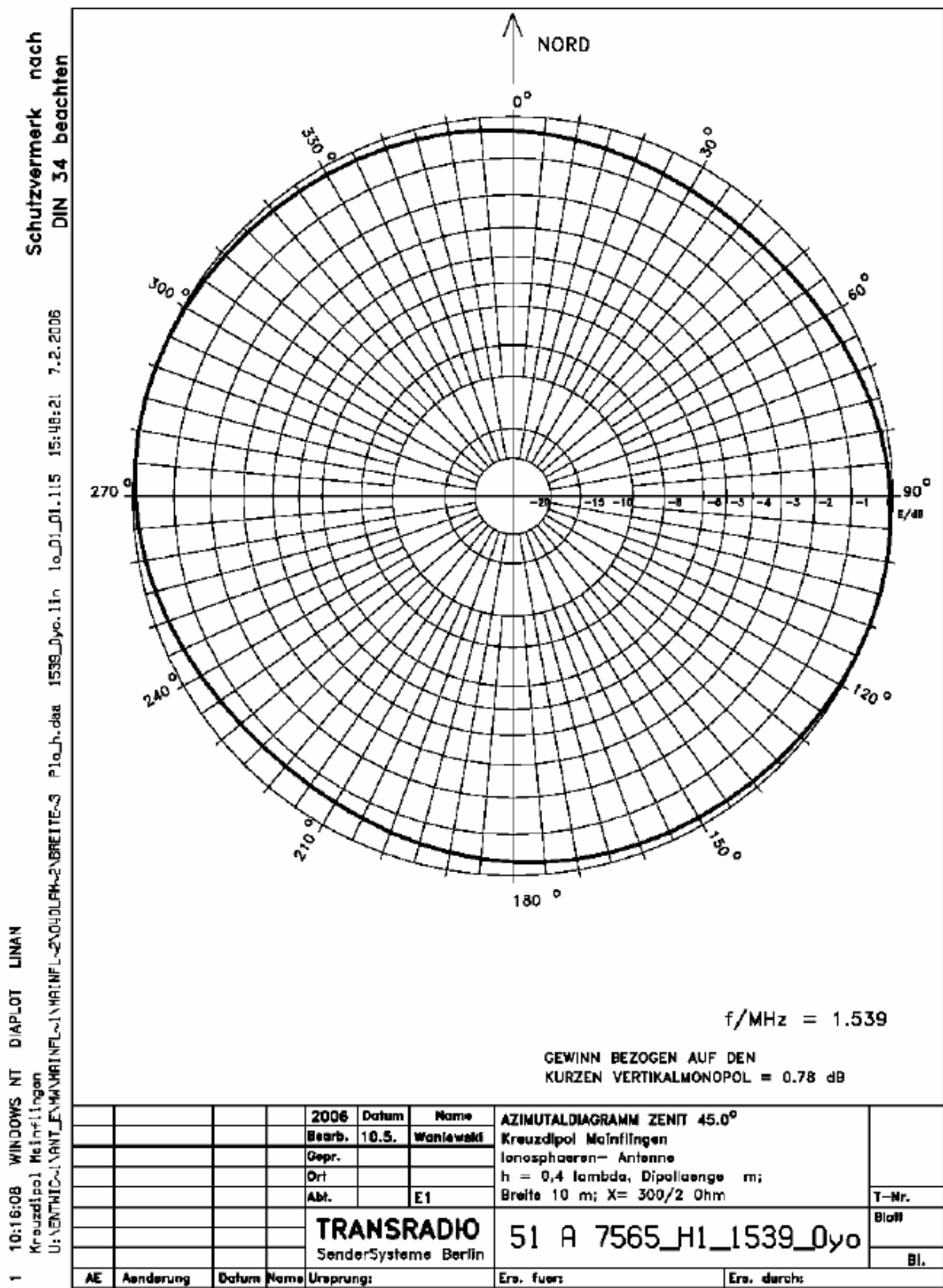


Bild 7: Theoretisches Horizontaldiagramm

MW Kreuzdipol Mainflingen 1539 kHz, 700 kW

Technische Dokumentation zur Abnahme im März 2006

Die aktuellen Betriebsdaten der Antennenanlage sind:
Frequenz = 1539 kHz und
Leistung = 700 kW.

2.0 Schaltbild der Abstimmmittel und Betriebswerte

Das Schaltbild der Abstimmmittel ist auf Bild 7 und auf Zeichnung 51-8920-808-00 WSP, AE03 [51-8920-808-00 WSP_MAINFLINGEN_AAM_3.pdf] (Anlage 1, DIN A3) dargestellt.

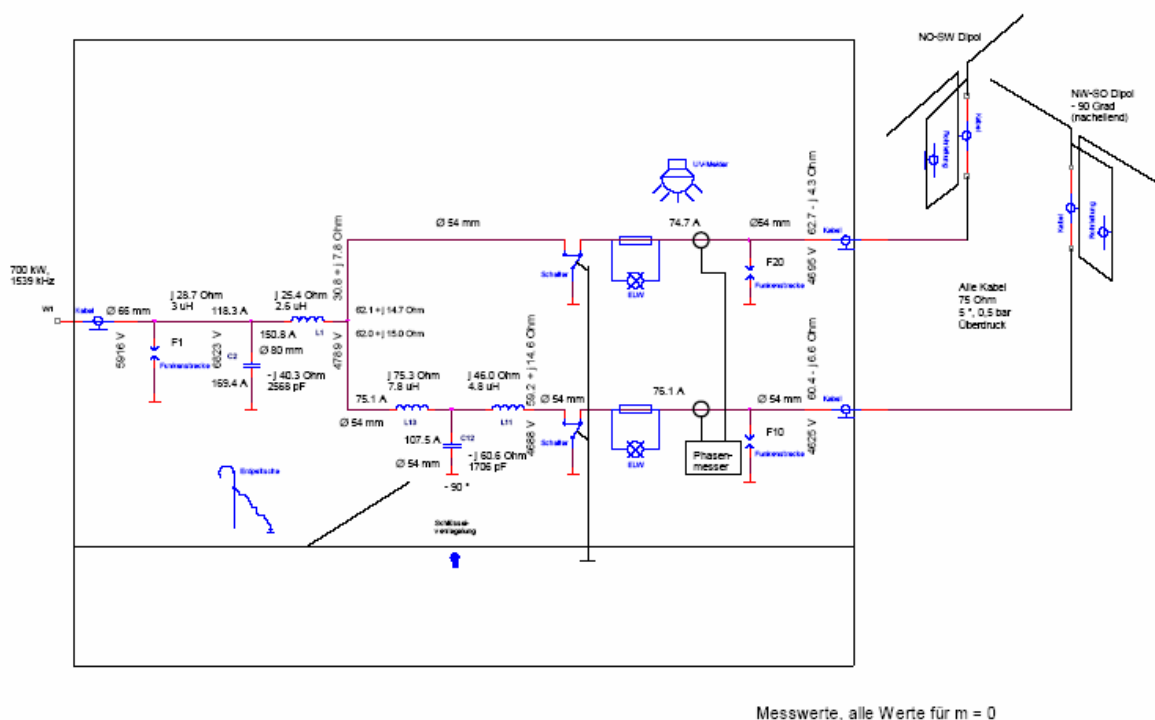


Bild 8: Anpassung der Kreuzdipol- Antenne

Die Betriebswerte für 700 kW sind ebenfalls in die Zeichnung eingetragen.

3.0 Messwerte der Antennen- Impedanz

Die Messwerte für die Dipol- Impedanzen wurden unmittelbar am Eingang des jeweiligen 75-Ohm-Kabels gemessen:

NW-SO- Mast:

$$Z/\Omega = 60.4 - j 6.6$$

Die theoretische Transformation über das 75-Ohm-Kabel ergibt eine Impedanz am Dipol von:
 $Z/\Omega = 61.5 + j 8.9$

MW Kreuzdipol Mainflingen 1539 kHz, 700 kW
Technische Dokumentation zur Abnahme im März 2006

NO-SW- Mast:

$Z/\Omega = 62.7 - j 4.3$

Die theoretische Transformation über das 75-Ohm-Kabel ergibt eine Impedanz am Dipol von:
 $Z/\Omega = 64.8 + j 8.6$

4.0 Messwerte der Impedanz am 50-Ohm-Kabel

Die Impedanzen wurden am 50-Ohm-Kabel im Antennenhaus gemessen. (Bilder 9,10 und11)

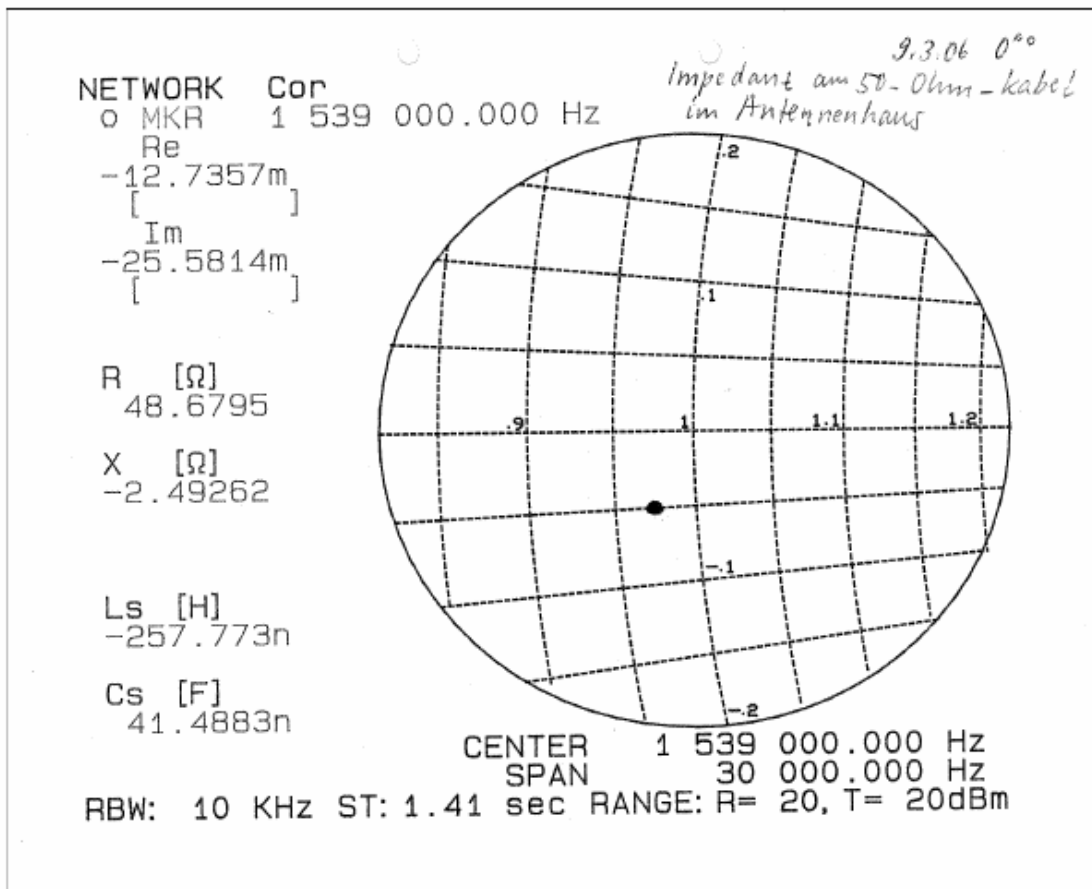


Bild 9: Impedanz 1539 kHz

MW Kreuzdipol Mainflingen 1539 kHz, 700 kW
Technische Dokumentation zur Abnahme im März 2006

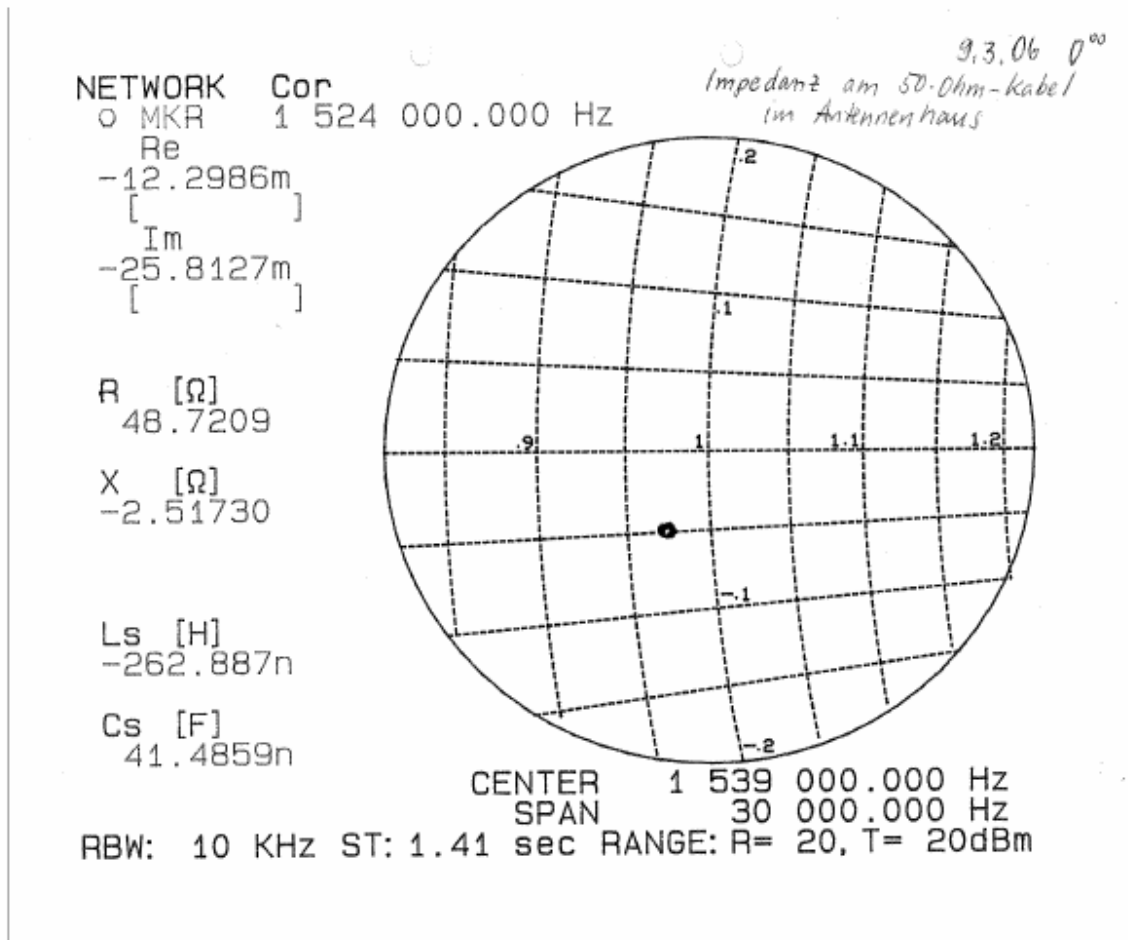


Bild 10: Impedanz 1524 kHz

MW Kreuzdipol Mainflingen 1539 kHz, 700 kW
Technische Dokumentation zur Abnahme im März 2006

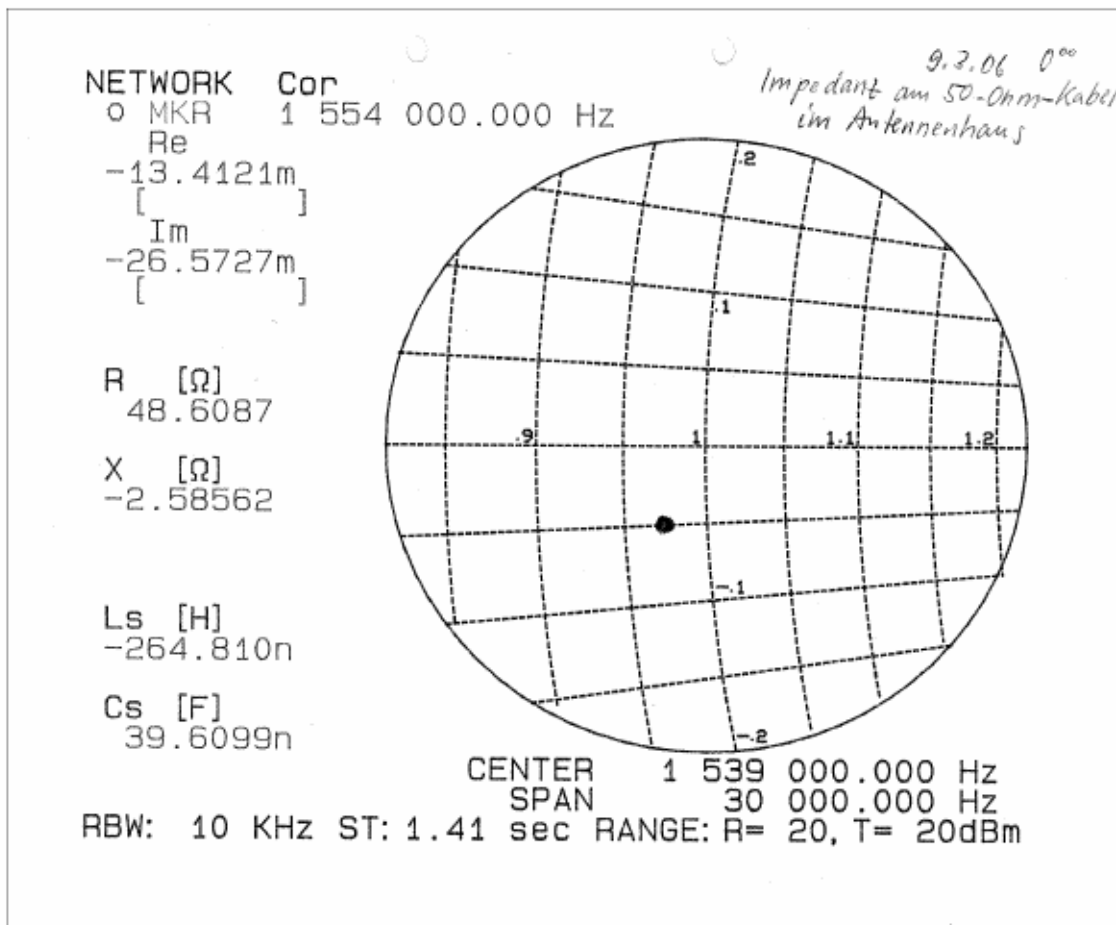


Bild 11: Impedanz 1554 kHz

f /kHz	Z / Ω
1524	48.72 - j 2.52
1539	48.68 - j 2.49
1554	48.61 - j 2.59

Die Werte wurden in ein Smith-Diagramm eingetragen:

MW Kreuzdipol Mainflingen 1539 kHz, 700 kW
Technische Dokumentation zur Abnahme im März 2006

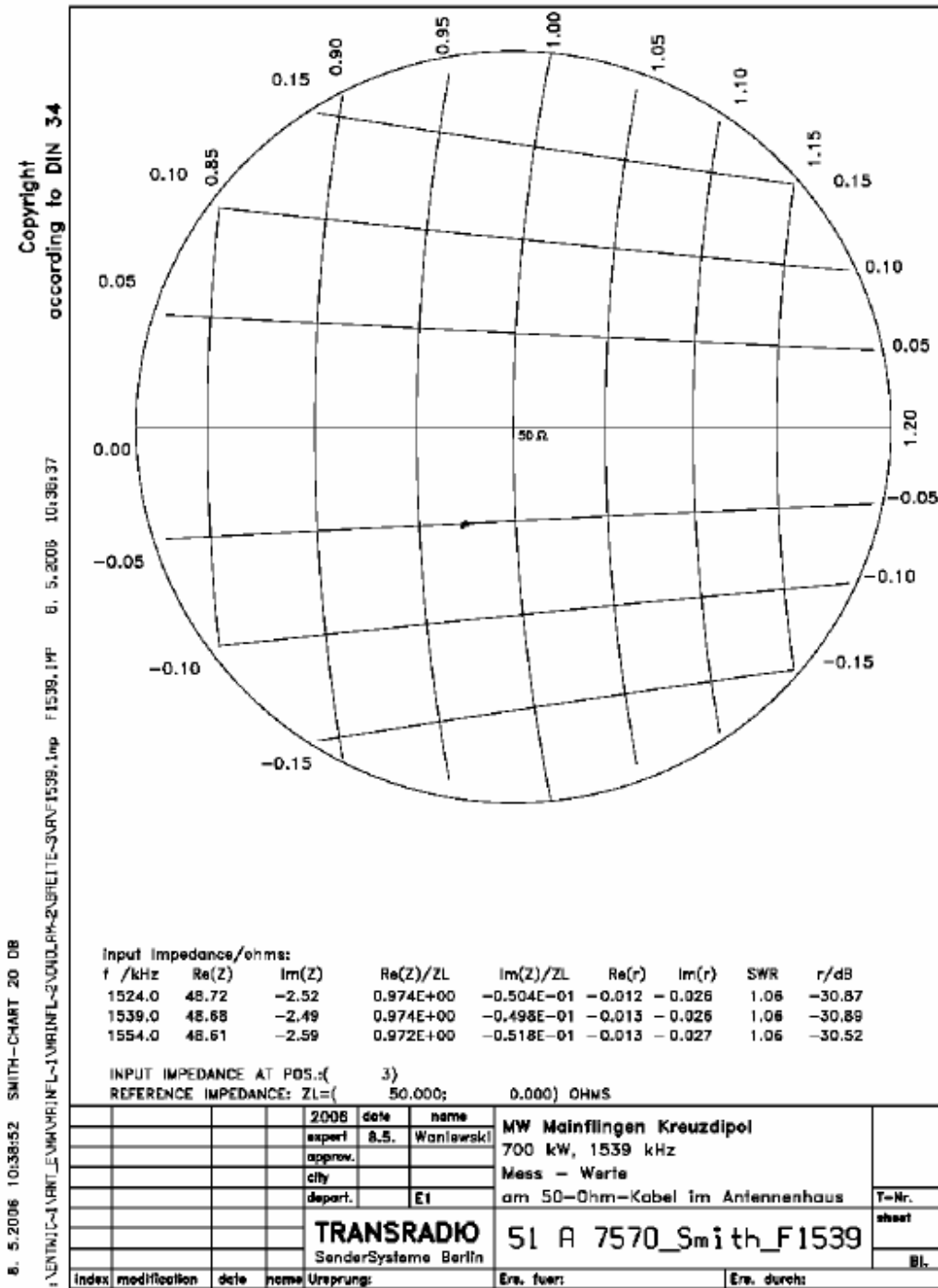
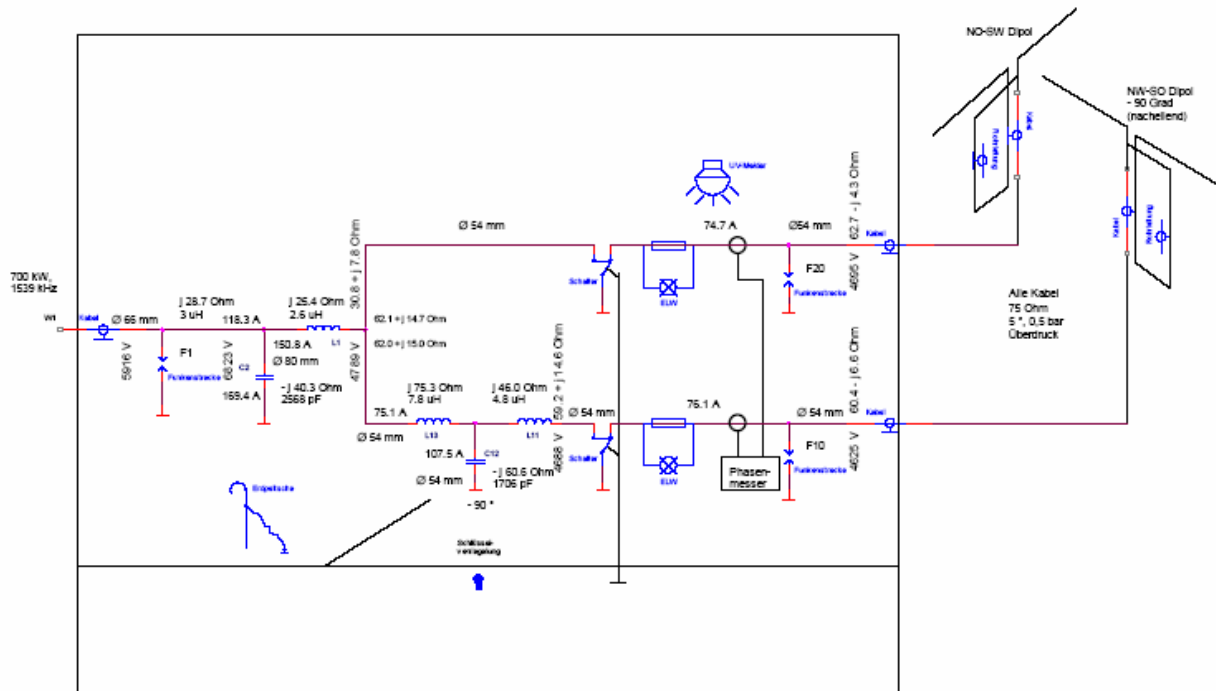


Bild 12: Mess - Werte am Kabel im Antennenhaus

Die Antenne zeichnet sich durch eine extrem große Bandbreite aus.

MW Kreuzdipol Mainflingen 1539 kHz, 700 kW
Technische Dokumentation zur Abnahme im März 2006

5.0 Spulen und Kondensatoren, eingestellte Werte



Messwerte, alle Werte für m = 0

Bild 13: Abstimmmittel

Spulen:

L11: D/mm= 450; d/mm= 28; s= 56; n= 2x8; aktiv n= 5,2 oben und n= 5,2 unten

L13: D/mm= 450; d/mm= 28; s= 56; n= 2x8; aktiv n= 6,05 oben und n= 6,05 unten

L1: D/mm= 450; d/mm= 42; s= 84; n= 2x6 aktiv; n= 2,9 oben und n= 2,9 unten

Kondensatoren:

C12: 1488.2 pF (- j 69.5 Ω), 3 Ebenen:

1. Ebene (oben): 4 Platten PE200 1000 pF und 1 Platte PE200 400 pF parallel Summe: 4400 pF

2. Ebene (mitte): 4 Platten PE200 1000 pF und 1 Platte PE200 400 pF parallel Summe: 4400 pF

3. Ebene (unten): 4 Platten PE200 1000 pF und 1 Platte PE200 400 pF und 1 Platte PE200 200 pF parallel Summe: 4600 pF

MW Kreuzdipol Mainflingen 1539 kHz, 700 kW

Technische Dokumentation zur Abnahme im März 2006

Die Differenz zu dem theoretischen Wert von $-j 60.6 \Omega$ beruht hauptsächlich auf der Länge der Verrohrung. Es gilt die Faustformel: 1 m Rohrlänge entspricht einer Induktivität von 1 μ H. Bei der Frequenz 1539 kHz sind es 9.7 Ohm.

C2: 2098.3 pF ($-j 49.3 \Omega$), 3 Ebenen:

- | | | |
|-------------------|--|----------------|
| 1. Ebene (oben): | 1 Platte PE200 2000 pF und 4 Platten PE200 1000 pF und 1 Platte PE200 400 pF parallel | Summe: 6400 pF |
| 2. Ebene (mitte): | 1 Platten PE200 2000 pF und 3 Platten PE200 1000 pF und 1 Platte PE200 400 pF parallel | Summe: 5400 pF |
| 3. Ebene (unten): | 2 Platten PE200 2000 pF und 3 Platten PE200 1000 pF und 1 Platte PE200 400 pF parallel | Summe: 7400 pF |

Die Differenz zu dem theoretischen Wert von $-j 40.3 \Omega$ beruht hauptsächlich auf der Länge der Verrohrung. Es gilt die Faustformel: 1 m Rohrlänge entspricht einer Induktivität von 1 μ H. Bei der Frequenz 1539 kHz sind es 9.7 Ohm.

6. Funkenstrecken

Die Einstellung der Funkenstrecken wurde wie folgt vorgenommen:

Funkenstrecke	Kugeldurchmesser /mm	eingestellter lichter Abstand/mm
F1	40	30
F10	30	15
F20	30	15

7. Messgeräte

Die Messung der Abnahmewerte wurde mit einem Messplatz von TRANSRADIO durchgeführt. Der Messplatz besteht aus folgenden Komponenten:

Network- Analyzer HP 4195A
Richtkoppler TRANSRADIO
Verstärker 200 W
Stiftplotter HP

8. Anlagen

Anlage Inhalt Dokument Pdf- file

Anlage	Inhalt	Dokument	Pdf- file
1	Abstimmmittel Kreuzdipol Mainflingen	Zeichnung 51-8920-808-00 WSP_A03	51-8920-808-00 WSP_MAINFLINGEN_AAM_3. pdf

MW Kreuzdipol Mainflingen 1539 kHz, 700 kW
Technische Dokumentation zur Abnahme im März 2006

Modifikation der Abstimmittel der Sendestelle Mainflingen B (Kreuzdipol)
10. 10.2007

von Michael Schmolke (TRANSRADIO)

Aufgabenstellung

Austausch des Einzelleiters (Rohr \varnothing 66mm vom Kabelausgang zum Kondensator C2) im ATU-Gebäude durch ein koaxiales Rohr (Innenleiter \varnothing 100mm, Außenleiter \varnothing 236mm) kurz hinter dem Zaun und Neuabstimmen des Transformationsgliedes L1,C2 auf die Impedanz der Einmessung im März 2006

Einstellungen vor dem Umstimmen:

L1: aktive Windungen: n=2.9 oben und n=2.9 unten

C2: 2098.3 pF (-j 49.3 Ω), 3 Ebenen, alle Platten PE200

1. Ebene (oben): 1 Platte 2000 pF, 4 Platten 1000 pF und 1 Platte 400 pF → 6400 pF
2. Ebene (Mitte): 1 Platte 2000 pF, 3 Platten 1000 pF und 1 Platte 400 pF → 5400 pF
3. Ebene (unten): 2 Platten 2000 pF, 3 Platten 1000 pF und 1 Platte 400 pF → 7400 pF

Impedanz zur Einmessung im März 2006: $Z = 48.7 \Omega - j 2.5 \Omega$

Messergebnis nach Austausch des Rohres vor der Neuabstimmung:
 $Z = 49.0 \Omega - j 12.1 \Omega$

(gemessen am Kabeleingang, siehe rechte Abb.)

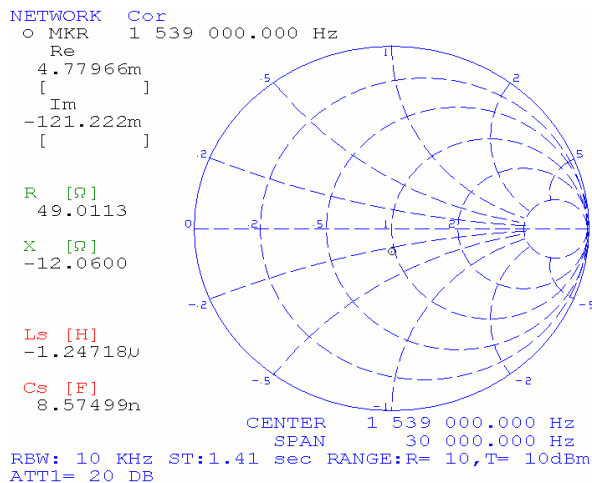


Abb. 1 Messergebnis und Foto am Messpunkt

MW Kreuzdipol Mainflingen 1539 kHz, 700 kW
Technische Dokumentation zur Abnahme im März 2006

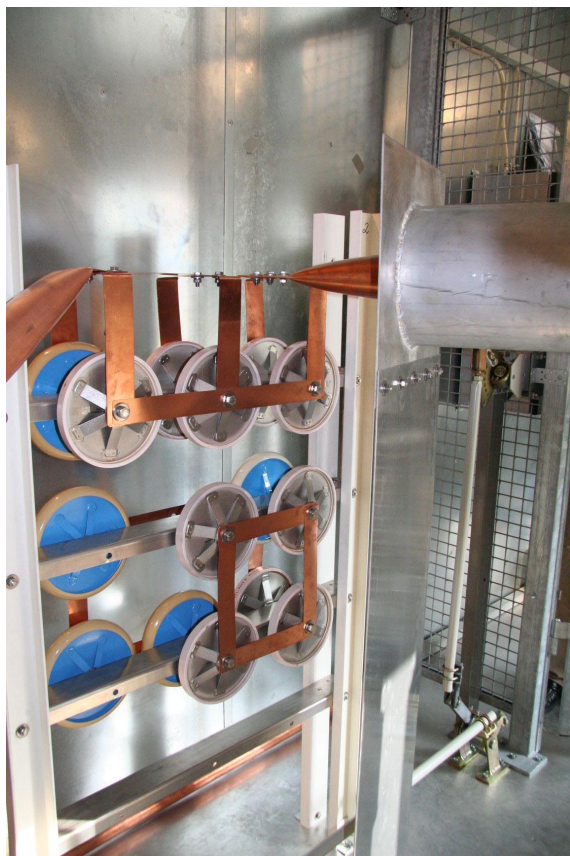
Der Realteil der Impedanz ist nahezu verändert, durch den Wegfall der Induktivität des Einzelrohres verringert sich jedoch der Imaginärteil.

Einstellungen nach dem Umstimmen:

L1: aktive Windungen: $n=2.35$ oben und $n=2.4$ unten

C2: 1816.2 pF (-j 56.9 Ω), 3 Ebenen, alle Platten PE200

1. Ebene (oben): 1 Platte 2000 pF, 4 Platten 1000 pF und 1 Platte 400 pF
→ 6400 pF
2. Ebene (Mitte): 1 Platte 2000 pF, 2 Platten 1000 pF und 1 Platte 200 pF
→ 4200 pF
3. Ebene (unten): 2 Platten 2000 pF, 2 Platten 1000 pF und 1 Platte 400 pF
→ 6400 pF



MW Kreuzdipol Mainflingen 1539 kHz, 700 kW
Technische Dokumentation zur Abnahme im März 2006

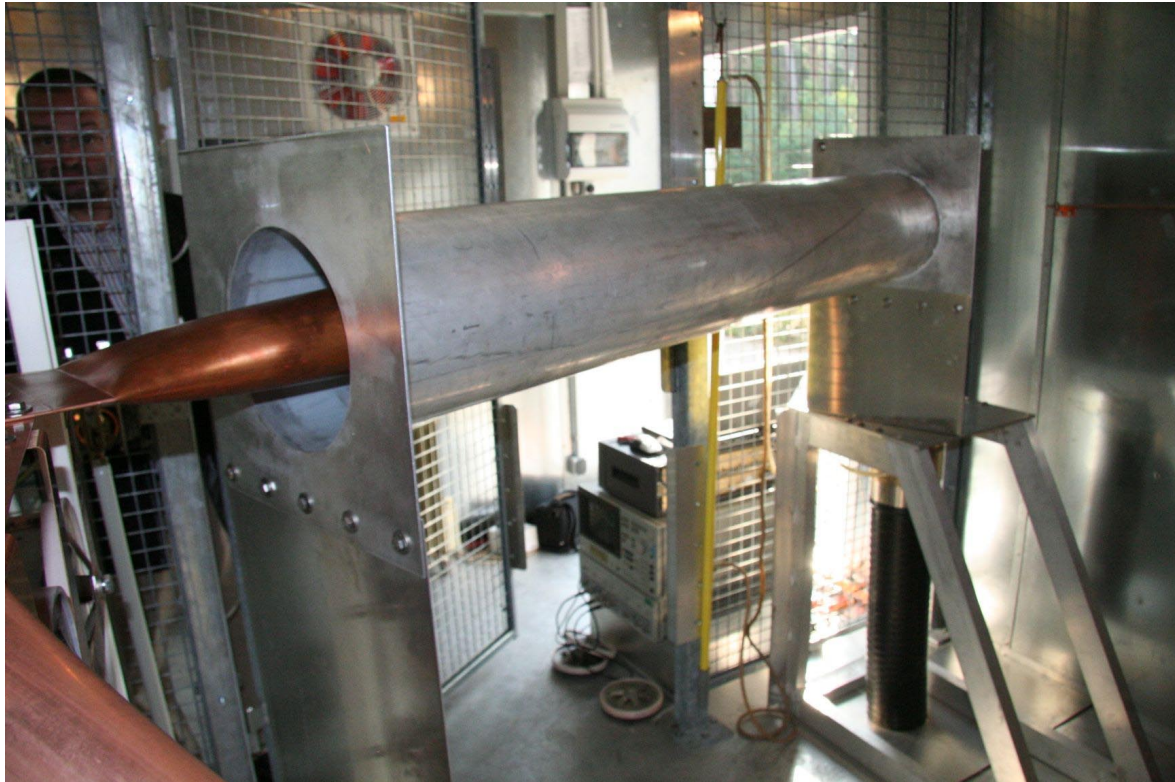
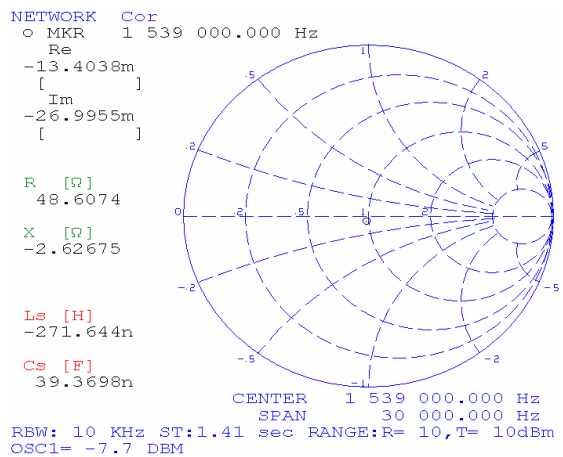


Abb. 2 Zustand nach Einbau der koaxialen Rohrleitung und nach Neuabstimmung

Impedanzen nach Neuabstimmung:

f/kHz	Z / Ω
1524	48.63 - j 2.78
1539	48.61 - j 2.63
1554	48.68 - j 2.62



MW Kreuzdipol Mainflingen 1539 kHz, 700 kW

Technische Dokumentation zur Abnahme im März 2006

