

Reusen- LW- Antenne

177 kHz, 1000 kW

Zehlendorf (Oranienburg)
(Kreis Oberhavel, Land Brandenburg)

I - Mast

Technische Dokumentation

zur Abnahme am 4.8.2003

mit Modifikation der oberen Pardunen im August 2004



Abstimmittel Reusen- LW- Antenne Zehlendorf 177 kHz, 1000 kW

Technische Dokumentation zur Abnahme am 4.Aug. 2003 mit Modifikation Aug. 2004

Inhaltsverzeichnis

- 1.0 Einleitung und Prinzip der Antenne**
- 2.0 Horizontaldiagramm und Vertikaldiagramm**
- 3.0 Schaltbild der Abstimmittel und Betriebswerte**
- 4.0 Messwerte der Antennen- Impedanz**
- 5.0 Messwerte der Impedanz am Kabel**
- 6.0 Spulen und Kondensatoren, eingestellte Werte**
- 7.0 Entkopplung durch Filter**
- 8.0 Funkenstrecken**
- 9.0 Messgeräte**
- 10.0 Anlagen**

Abstimmittel Reusen- LW- Antenne Zehlendorf 177 kHz, 1000 kW

Technische Dokumentation zur Abnahme am 4.Aug. 2003 mit Modifikation Aug. 2004

1.0 Einleitung und Prinzip der Antenne

Ein 357 m hoher in 5 Ebenen abgespannter Mast, der geerdet ist, (I-Mast) wurde zusammen mit einer zwölfdrahtigen Doppelkegelreuse schon früher als LW- Antenne benutzt. Bekanntlich ist der Mast durch Fremdeinwirkung umgefallen und wieder aufgebaut worden, zunächst ohne die Reuse. Die Pardunenisolation mit bezogen auf die Wellenlänge sehr kleinen Abständen zwischen den Isolatoren entspricht ebenfalls der des Vorgängermastes. Die aktuellen Betriebsdaten sind Frequenz = 177 kHz und Leistung = 500 kW. Die Dimensionierung der Antenne und der Abstimmittel wurde für eine Leistung von 1000 kW vorgenommen.

Bei der Wiederherstellung der hier beschriebenen Reusenantenne wurden nur noch sechs Reusenseile verwendet, besonders um einen geringen Einfluss auf die statischen Kräfte des Mastes zu erhalten. Für die Reusenseile wurde ein starker Durchhang zugelassen, um die Kräfte auf den Mast bei Wind klein zu halten, ohne dabei große Schwankungen der Antennenimpedanzen zu erzeugen. Mast und Reuse bilden eine Art Faltnonopol, wobei die Reuse gespeist wird und der Mast geerdet ist. Nur eine kleine Anzahl von Isolatoren werden benötigt. Die Abzugsseile, die die Reusenseile auf Abstand zu dem Mast halten, sind mit zwei Stabisolatoren (51.0600.693.00) mit einer Länge von je 814 mm versehen, die wegen der Kräfte parallel geschaltet sind. Wegen der maximalen Spitzenspannung von ca. 70 kV bei 1000 kW und 100 % Modulation sind die Isolatoren mit Koronaringen versehen. Alle Antennenteile mit Ausnahme der vorhandenen Pardunen des Mastes sind statisch geerdet. Im Bereich des Speisepunktes sind die gleichen Stabisolatoren verwendet worden, obwohl wegen der geringeren maximalen Spannung von ca. 16 kV auch kleinere hätten verwendet werden können.

Das Computer - Modell der Langwellenantenne Zehlendorf (I-Mast) ist auf folgenden Zeichnungen dargestellt (Anlage 1 bis 4):

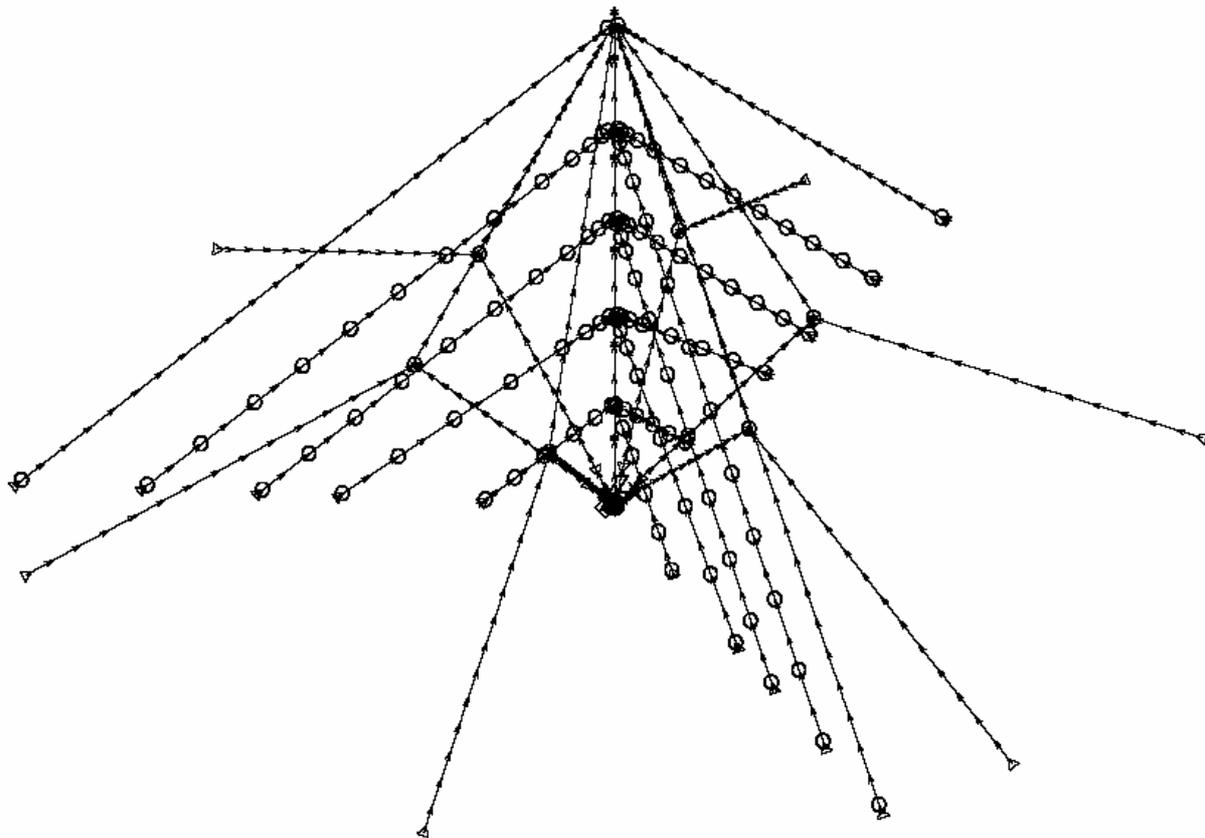
In diesem Modell ist die Modifikation der oberen Pardunen enthalten. Die vorhandene Pardunenisolation wurde dahingehend geändert, dass bei den obersten Pardunen alle Isolatoren bis auf zwei,- die oberste und die unterste-, elektrisch überbrückt wurden, um diese Pardunen ebenfalls statisch zu erden. Der unterste Isolator der obersten Pardune wurde mit einer Spule überbrückt. Dadurch ist die Pardune statisch geerdet. Für die Betriebsfrequenz stellt sie eine Reaktanz dar, die man so einstellen kann, dass die Stromverteilung auf der Antenne nahezu unverändert wie bei der Pardune mit der ursprünglichen Isolation bleibt.

Abstimmmittel Reusen- LW- Antenne Zehlendorf 177 kHz, 1000 kW

Technische Dokumentation zur Abnahme am 4.Aug. 2003 mit Modifikation Aug. 2004

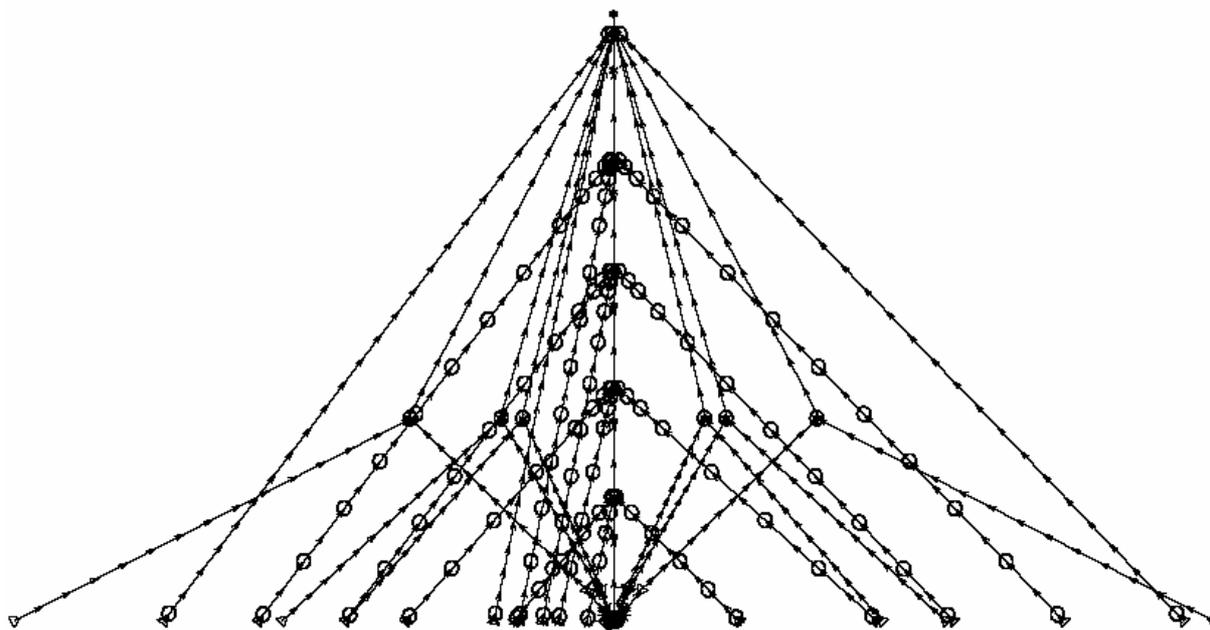
51 A 7284_G1_lw_i3_sp

[[7284_G1g.pdf](#)]



51 A 7284_G2_lw_i3_sp

[[7284_G2g.pdf](#)]

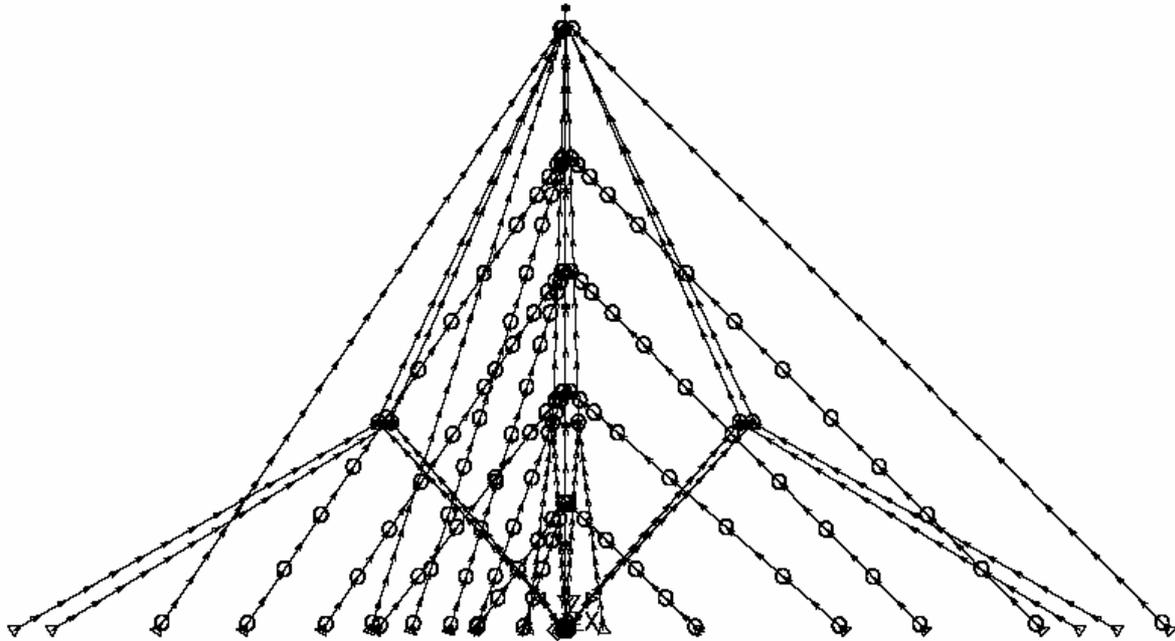


Abstimmittel Reusen- LW- Antenne Zehlendorf 177 kHz, 1000 kW

Technische Dokumentation zur Abnahme am 4.Aug. 2003 mit Modifikation Aug. 2004

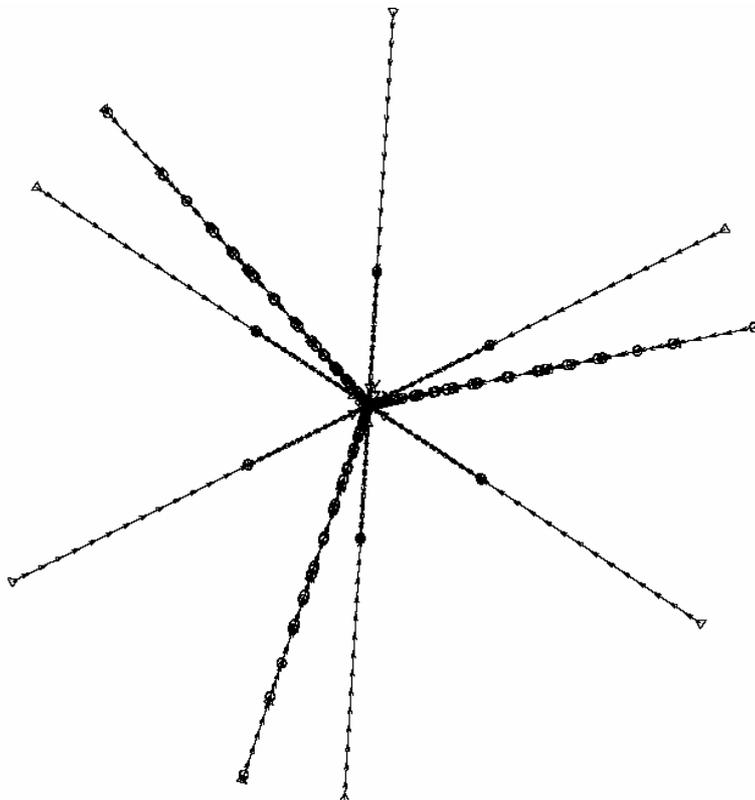
51 A 7284_G3_lw_i3_sp

[[7284_G3g.pdf](#)]



51 A 7284_G4_lw_i3_sp

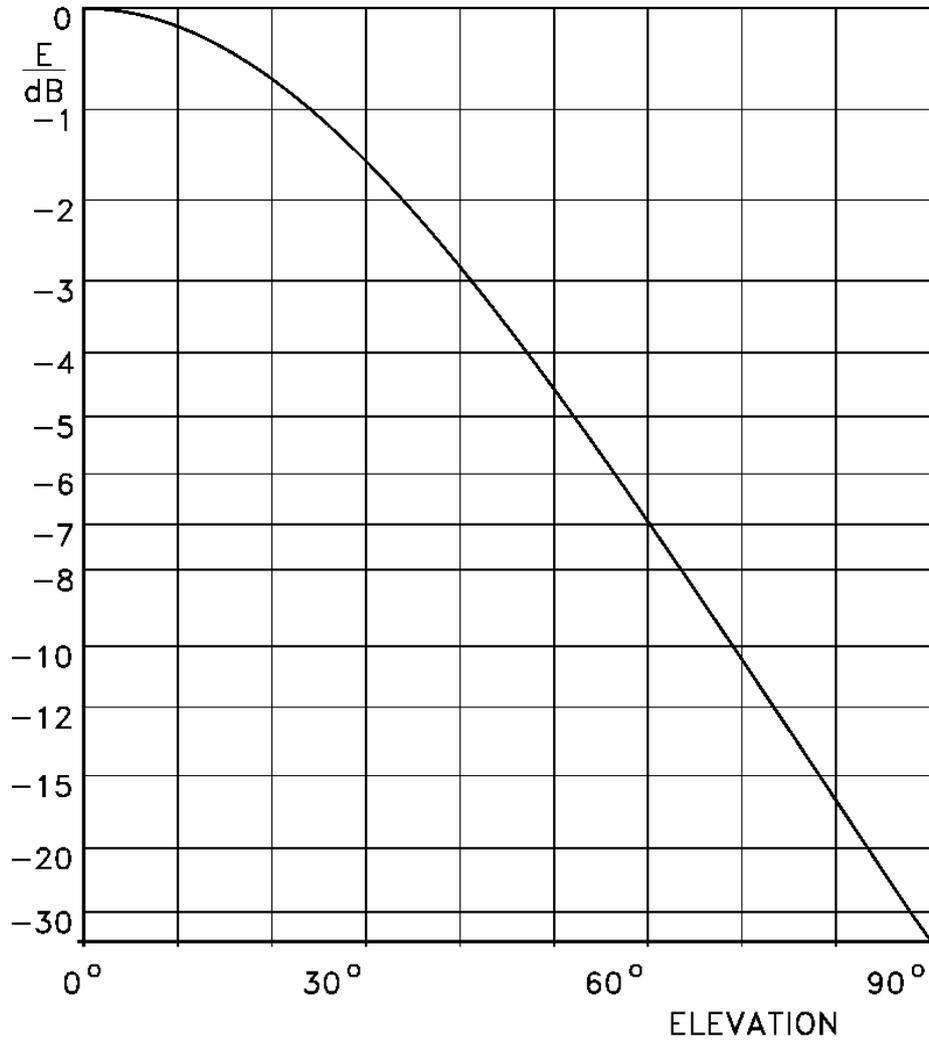
[[7284_G4g.pdf](#)]



Da auf dem Antennengelände auch die Frequenzen 603 kHz und 693 kHz abgestrahlt werden, sind in dem Abstimmittel (AAM) zwei entsprechende Sperrkreise vorgesehen.

Abstimmittel Reusen- LW- Antenne Zehlendorf 177 kHz, 1000 kW

Technische Dokumentation zur Abnahme am 4.Aug. 2003 mit Modifikation Aug. 2004



f/MHz = 0.177

GEWINN BEZOGEN AUF DEN
KURZEN VERTIKALMONOPOL = 0.23 dB

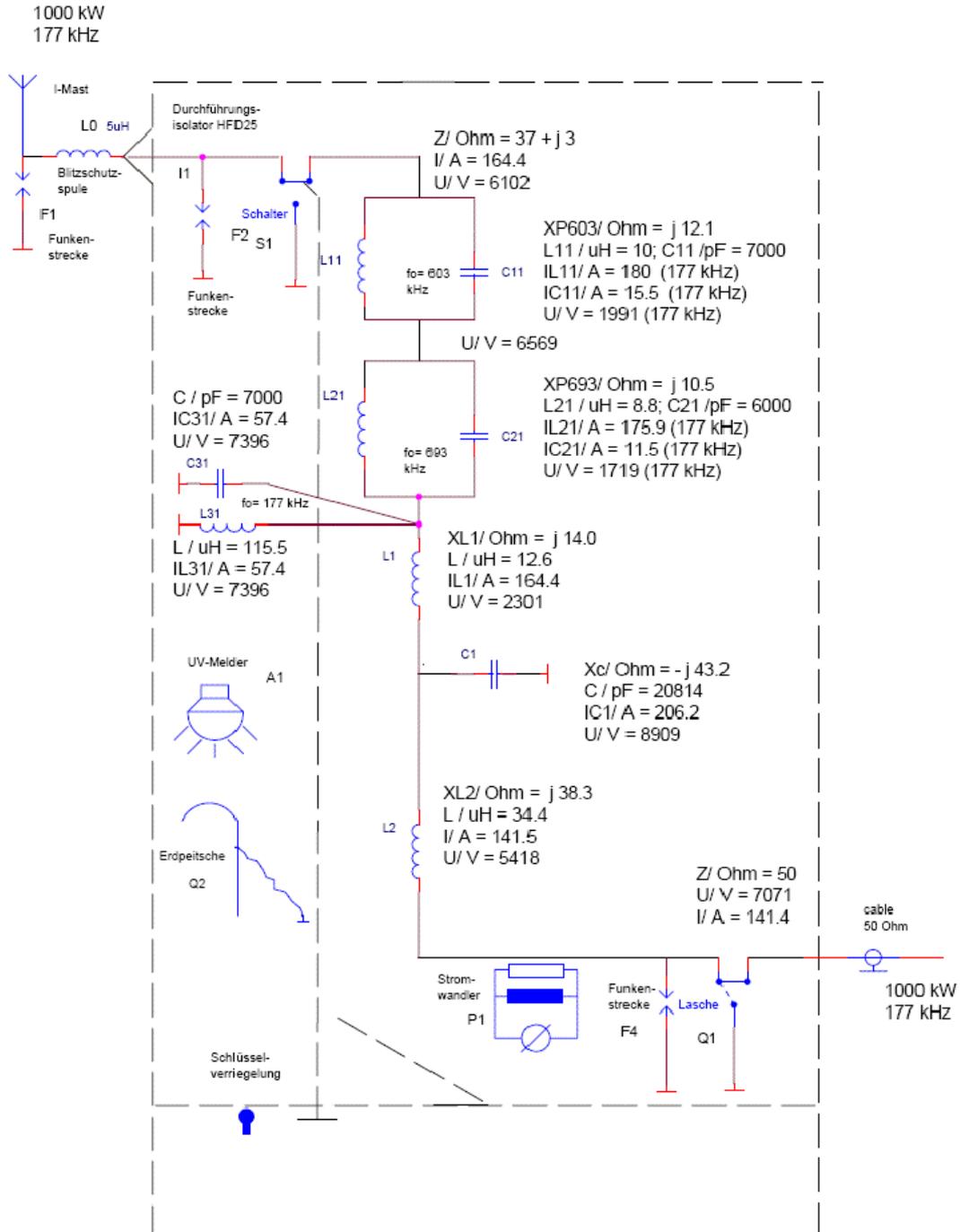
Abstimmittel Reusen- LW- Antenne Zehlendorf 177 kHz, 1000 kW

Technische Dokumentation zur Abnahme am 4.Aug. 2003 mit Modifikation Aug. 2004

3.0 Schaltbild der Abstimmittel und Betriebswerte

Das Schaltbild der Abstimmittel ist auf der Zeichnung 51 A 7510_AAM, AE03 [[Zehl imast AAM 177AE03.pdf](#)] (Anlage 7) dargestellt.

Die Betriebswerte für 1000 kW sind ebenfalls in die Zeichnung eingetragen.



Abstimmittel Reusen- LW- Antenne Zehlendorf 177 kHz, 1000 kW

Technische Dokumentation zur Abnahme am 4.Aug. 2003 mit Modifikation Aug. 2004

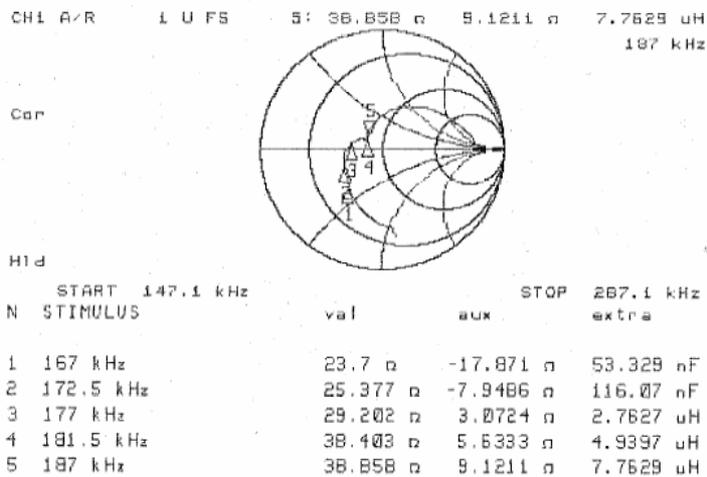
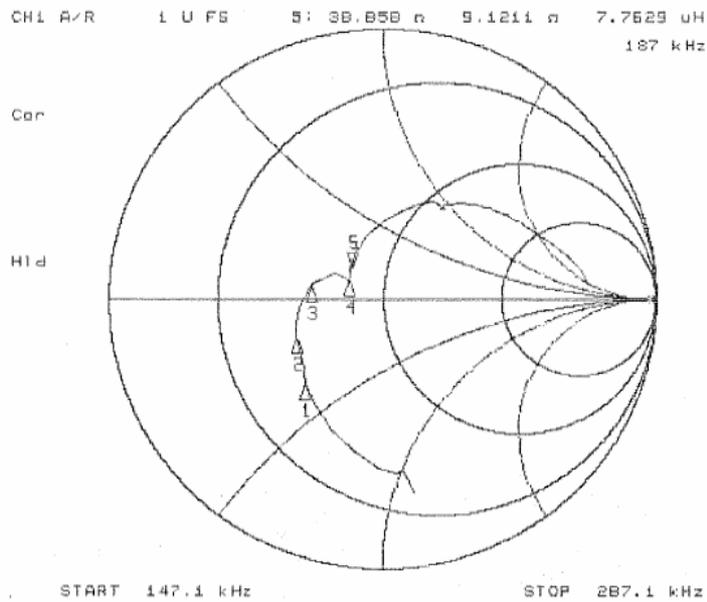
4.0 Messwerte der Antennen- Impedanz

Die Messwerte für die Antennen- Impedanz sind auf den Anlagen 8 und 9
[\[antennen_impedanz_S1.pdf\]](#)

Antennenimpedanz LW Zehlendorf

Messung am 4.8.2003

Seite 1



und [\[antennen_impedanz_S2.pdf\]](#)

Abstimmittel Reusen- LW- Antenne Zehlendorf 177 kHz, 1000 kW

Technische Dokumentation zur Abnahme am 4.Aug. 2003 mit Modifikation Aug. 2004

Antennenimpedanz LW Zehlendorf

Messung am 4.8.2003

Seite 2

STIMULUS [Hz]	CHI A/R [Ω]	CHI A/R [Ω]
147 100.000	17.999	-55.13
149 100.000	23.549	-50.271
151 100.000	22.179	-48.8
153 100.000	21.058	-44.07
155 100.000	21.765	-40.067
157 100.000	21.932	-36.908
159 100.000	22.194	-33.189
161 100.000	22.21	-29.378
163 100.000	22.783	-25.546
165 100.000	23.203	-21.671
167 100.000	23.715	-17.671
169 100.000	24.908	-14.132
171 100.000	25.039	-10.859
173 100.000	25.452	-6.6963
175 100.000	26.562	-1.803
177 100.000	29.328	3.3473
179 100.000	34.488	6.6741
181 100.000	38.392	5.8023
183 100.000	38.441	4.9567
185 100.000	38.334	9.5306
187 100.000	38.885	9.0993

STIMULUS [Hz]	CHI A/R [Ω]	CHI A/R [Ω]
231 100.000	70.372	64.067
233 100.000	72.743	66.613
235 100.000	75.357	69.194
237 100.000	78.678	71.189
239 100.000	81.568	73.465
241 100.000	84.517	75.796
243 100.000	87.668	77.699
245 100.000	91.23	80.253
247 100.000	94.489	81.984
249 100.000	98.12	84.128
251 100.000	102.57	86.678
253 100.000	106.68	88.683
255 100.000	111.09	90.913
257 100.000	115.74	92.971
259 100.000	120.33	94.902
261 100.000	126.39	97.536
263 100.000	132.06	99.627
265 100.000	137.85	101.98
267 100.000	144.15	104.95
269 100.000	151.8	108.17
271 100.000	160.66	111.38

STIMULUS [Hz]	CHI A/R [Ω]	CHI A/R [Ω]
189 100.000	38.58	11.269
191 100.000	38.825	13.858
193 100.000	39.426	16.346
195 100.000	39.974	19.031
197 100.000	40.818	21.943
199 100.000	41.911	24.554
201 100.000	42.972	27.419
203 100.000	44.076	29.985
205 100.000	45.273	32.809
207 100.000	46.849	35.753
209 100.000	48.114	38.272
211 100.000	49.617	41.495
213 100.000	52.113	45.322
215 100.000	59.118	46.562
217 100.000	57.071	45.239
219 100.000	57.559	48.554
221 100.000	59.352	51.39
223 100.000	61.126	54.155
225 100.000	63.175	56.863
227 100.000	65.534	59.285
229 100.000	67.903	61.585

STIMULUS [Hz]	CHI A/R [Ω]	CHI A/R [Ω]
273 100.000	170.27	114.36
275 100.000	182.69	117.01
277 100.000	196.96	119
279 100.000	213.41	120.67
281 100.000	234.84	121.8
283 100.000	261.71	119.4
285 100.000	281.68	108.31
287 100.000	328.79	86.581

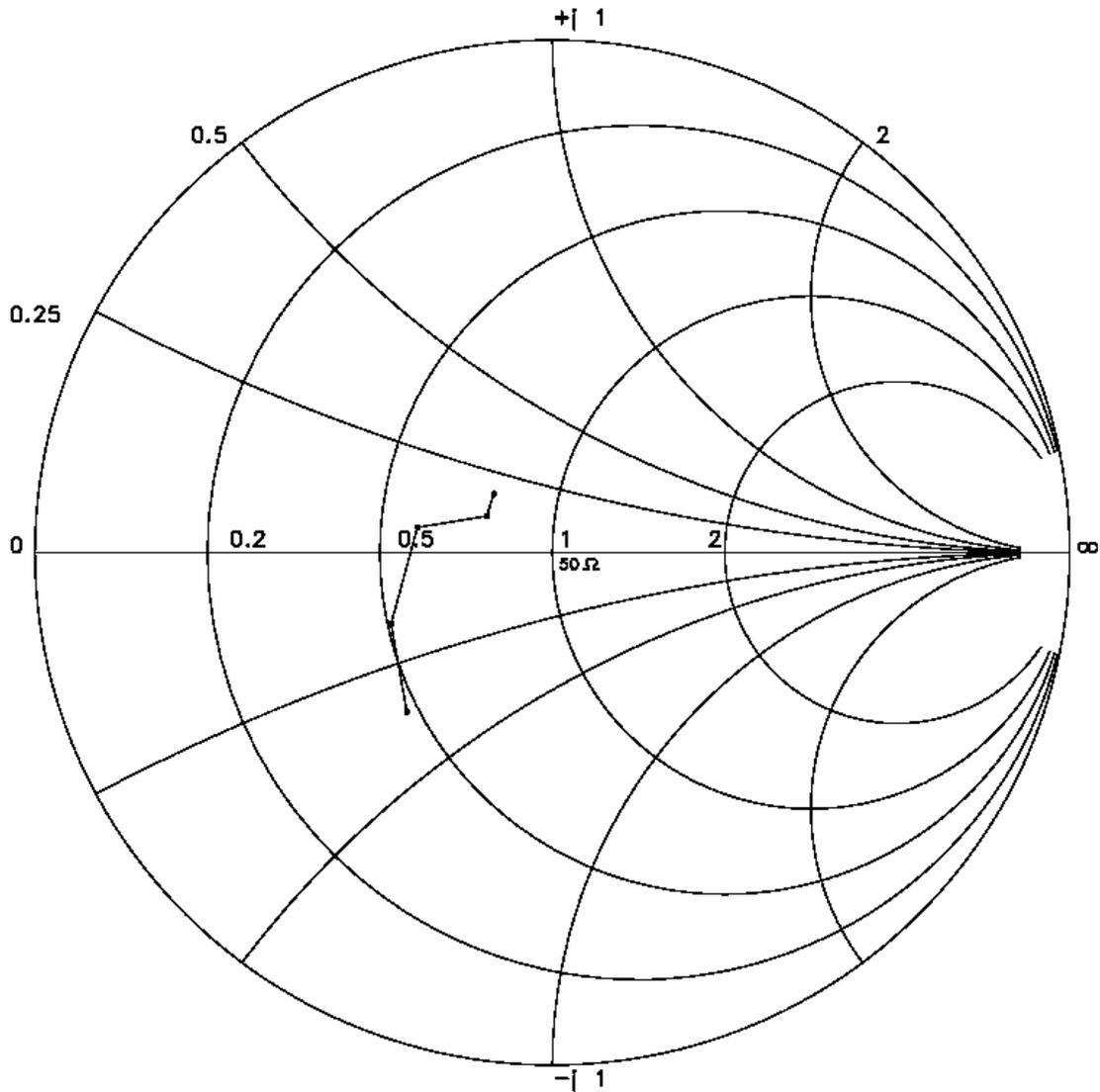
und auf der Zeichnung

51 A 7510_AN_F167 (Smith- Diagramm) [\[TSB 7510_s_Ant.pdf\]](#) (Anlage 10)

dargestellt. Der Messpunkt befindet sich am Erdungsschalter unmittelbar am Antennen-Durchgangs- Isolator.

Abstimmittel Reusen- LW- Antenne Zehlendorf 177 kHz, 1000 kW

Technische Dokumentation zur Abnahme am 4.Aug. 2003 mit Modifikation Aug. 2004



EINGANGSIMEDANZ/Ohm:

f /MHz	Re(Z)	Im(Z)	Re(Z)/ZL	Im(Z)/ZL	Re(r)	Im(r)	SWR	r/dB
0.167000	23.70	-17.90	0.474E+00	-0.358E+00	-0.28	-0.31	2.4	5 -7.5
0.172500	25.40	-8.00	0.508E+00	-0.160E+00	-0.31	-0.14	2.0	4 -9.3
0.177000	29.20	3.10	0.584E+00	0.620E-01	-0.26	0.05	1.7	2 -11.5
0.181500	38.40	5.60	0.768E+00	0.112E+00	-0.13	0.07	1.3	4 -16.7
0.187000	38.90	9.10	0.778E+00	0.182E+00	-0.11	0.11	1.3	8 -15.8

IMPEDANZ AM SPEISEPUNKT MIT DER NR.:(3)
NORMIERUNGSWIDERSTAND: ZL=(50.000; 0.000) OHM

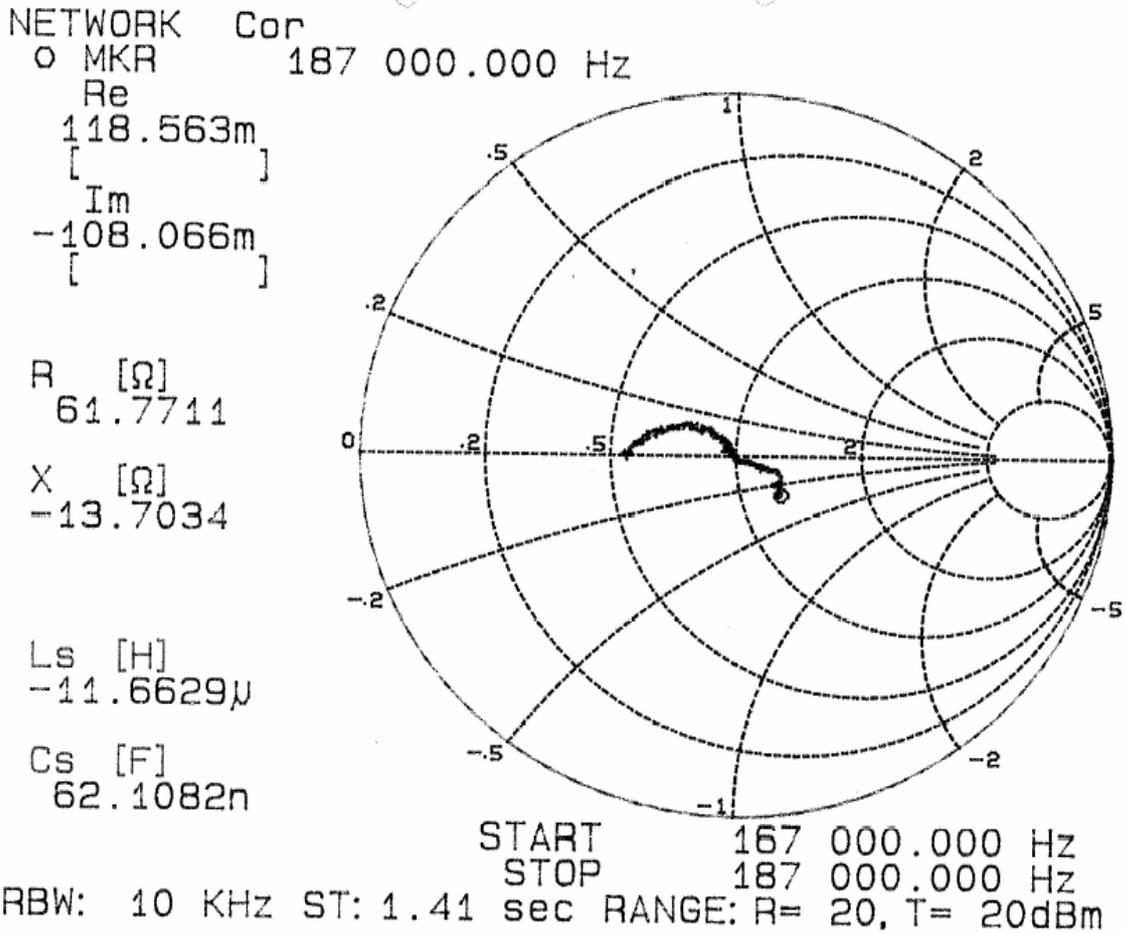
5.0 Messwerte der Impedanz am Kabel

Die am 4. Aug. 2003 gemessenen Werte der auf 50 Ohm abgestimmten Impedanz am 5"-Kabel im Sendergebäude sind als Plot auf der Anlage 11

[\[Kabel impedanz smith.pdf\]](#)

Abstimmittel Reusen- LW- Antenne Zehlendorf 177 kHz, 1000 kW

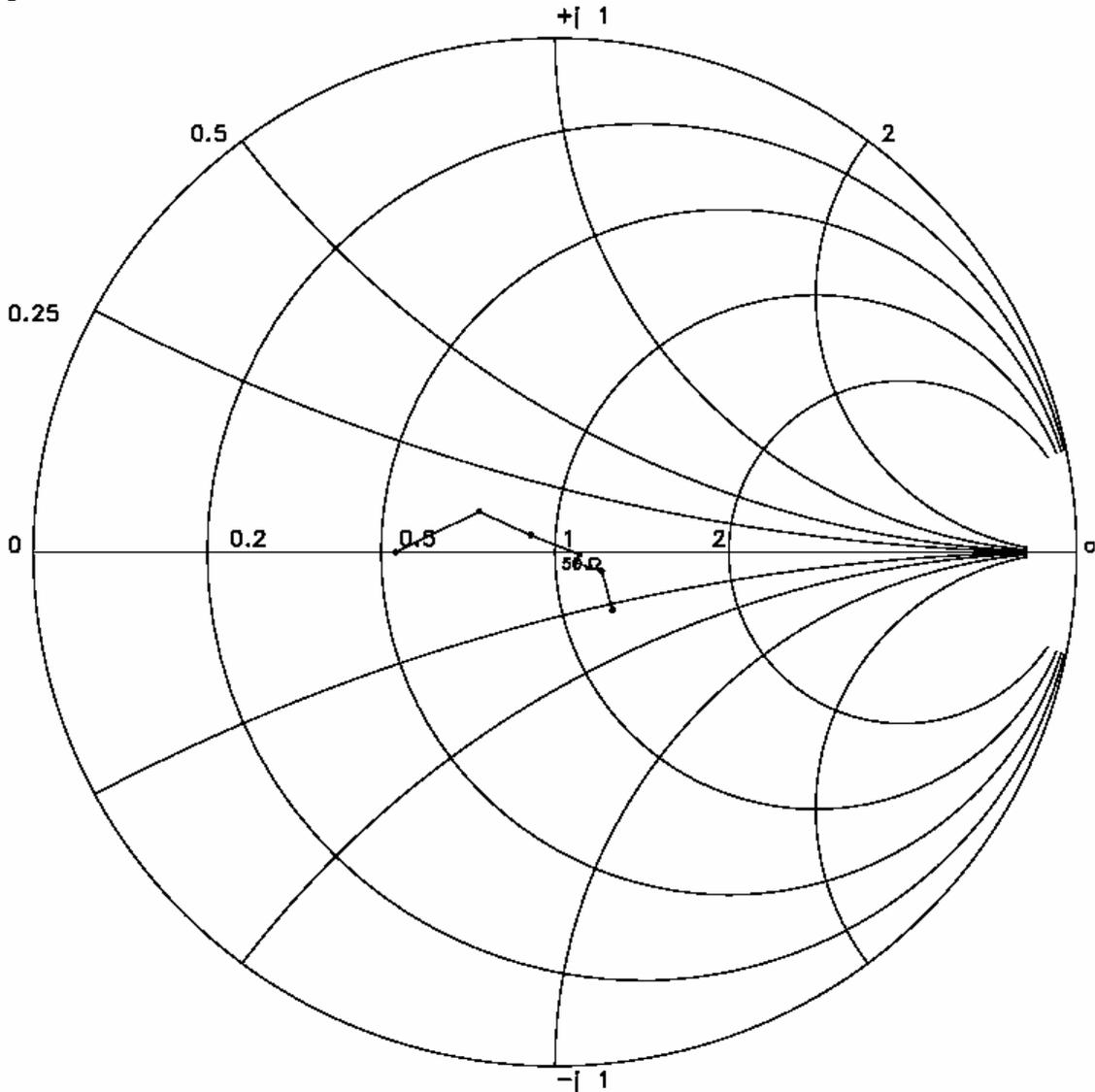
Technische Dokumentation zur Abnahme am 4.Aug. 2003 mit Modifikation Aug. 2004



Abstimmittel Reusen- LW- Antenne Zehlendorf 177 kHz, 1000 kW

Technische Dokumentation zur Abnahme am 4.Aug. 2003 mit Modifikation Aug. 2004

und auf der Zeichnung (Anlage 12)
51 A 7510_SE_F167 [[TSB 7510 s Tx.pdf](#)] (Smith- Diagramm)
dargestellt.



EINGANGSIMEDANZ/Ohm:

f /MHz	Re(Z)	Im(Z)	Re(Z)/ZL	Im(Z)/ZL	Re(r)	Im(r)	SWR	r/dB
0.167000	26.60	0.00	0.532E+00	0.140E-05	-0.31	0.00	1.8	8 -10.3
0.170000	36.90	6.00	0.738E+00	0.120E+00	-0.15	0.08	1.4	0 -15.6
0.173000	45.50	3.00	0.910E+00	0.600E-01	-0.05	0.03	1.1	2 -24.9
0.177000	55.00	-0.50	0.110E+01	-0.999E-02	0.05	0.00	1.1	0 -26.4
0.181000	54.00	-2.20	0.108E+01	-0.440E-01	0.04	-0.02	1.0	9 -27.1
0.184000	59.70	-4.50	0.119E+01	-0.900E-01	0.09	-0.04	1.2	2 -20.2
0.187000	60.60	-14.00	0.121E+01	-0.280E+00	0.11	-0.11	1.3	7 -16.0

IMPEDANZ AM SPEISEPUNKT MIT DER NR.:(3)
NORMIERUNGSWIDERSTAND: ZL=(50.000; 0.000) OHM

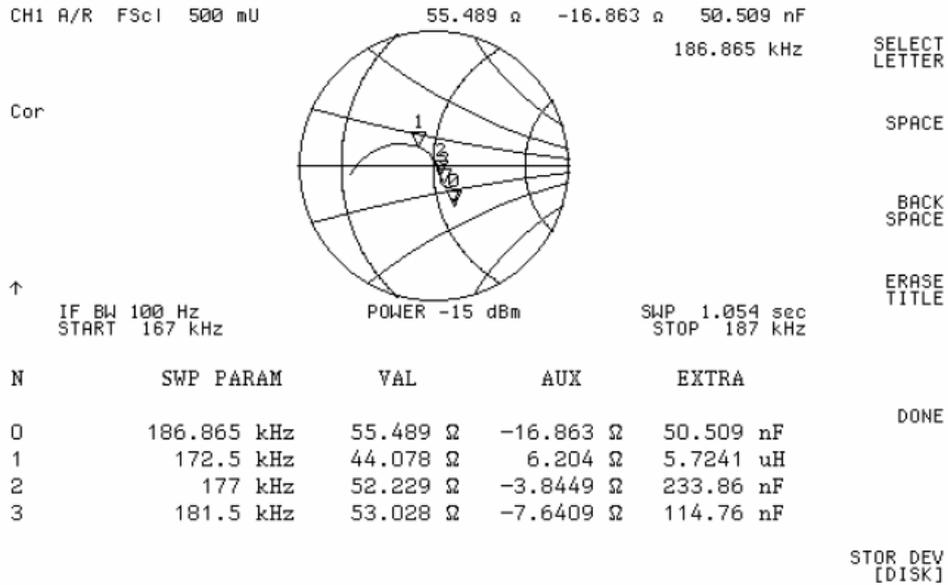
Abstimmittel Reusen- LW- Antenne Zehlendorf 177 kHz, 1000 kW

Technische Dokumentation zur Abnahme am 4.Aug. 2003 mit Modifikation Aug. 2004

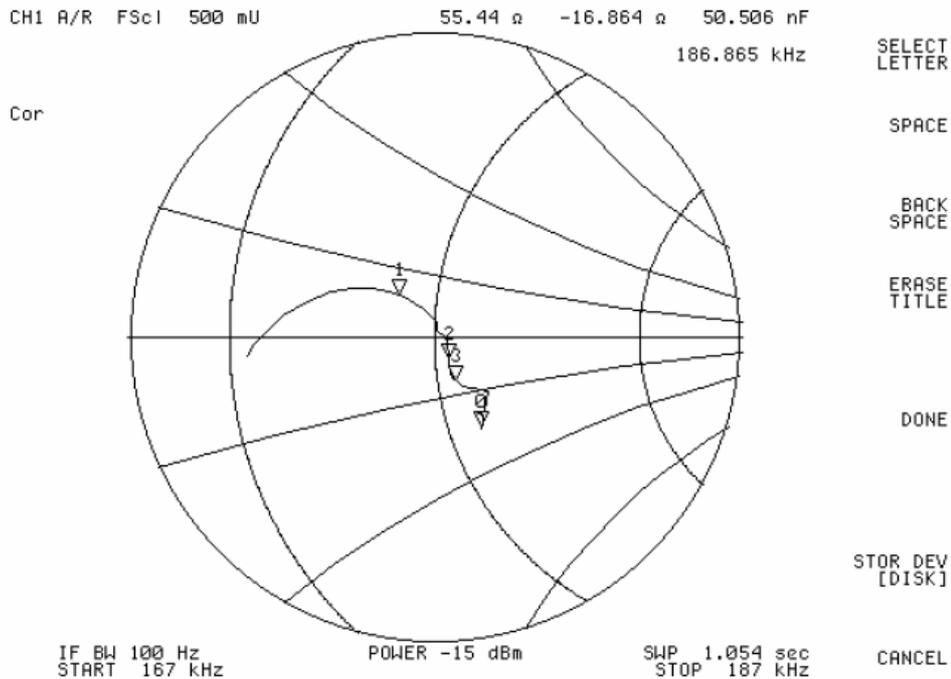
Eine erneute Messung der Impedanz am Eingang des Energiekabels zum Antennenabstimmittel fand am 14.10.2003 stand und ist in der Anlage 13

[\[Telekom_Zldf_177_14_10_03.pdf\]](#) zu finden.

Plot 1



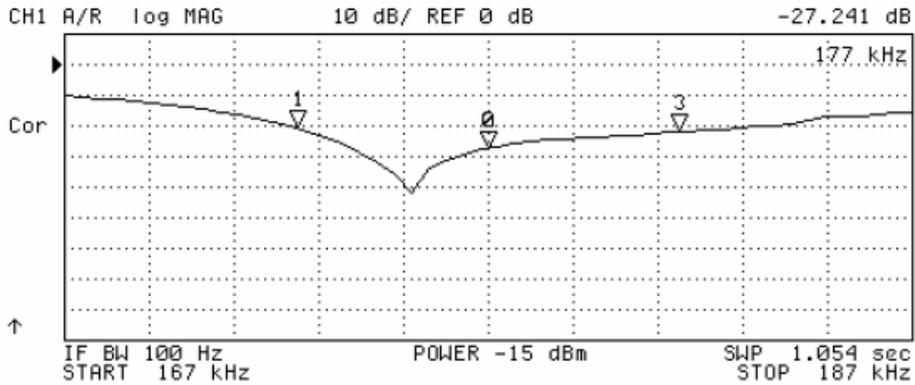
Plot 2



Abstimmittel Reusen- LW- Antenne Zehlendorf 177 kHz, 1000 kW

Technische Dokumentation zur Abnahme am 4.Aug. 2003 mit Modifikation Aug. 2004

Plot 3



SELECT
LETTER

SPACE

BACK
SPACE

ERASE
TITLE

N	SWP PARAM	VAL
0	177 kHz	-27.241 dB
1	172.5 kHz	-20.868 dB
2	177 kHz	-27.241 dB
3	181.5 kHz	-21.95 dB

DONE

SWP PARAM [Hz]	CH1 A/R [Ω]	CH1 A/R [Ω]
167k	26.478	-1.7019
167.408163k	27.295	-609.23m
167.816327k	28.175	413.51m
168.22449k	29.119	1.3855
168.632653k	30.15	2.3263
169.040816k	31.255	3.2487
169.44898k	32.456	4.0113
169.857143k	33.756	4.7957
170.265306k	35.184	5.4569
170.673469k	36.655	6.0674
171.081633k	38.453	6.6332
171.489796k	39.973	6.5041
171.897959k	41.601	6.5572
172.306122k	43.302	6.3702
172.714286k	44.943	5.9808
173.122449k	46.472	5.3169
173.530612k	47.852	4.5257
173.938776k	49.076	3.5628
174.346939k	50.069	2.4804
174.755102k	50.875	1.3387
175.163265k	51.437	258.43m

Abstimmittel Reusen- LW- Antenne Zehlendorf 177 kHz, 1000 kW

Technische Dokumentation zur Abnahme am 4.Aug. 2003 mit Modifikation Aug. 2004

SWP PARAM [Hz]	CH1 A/R [Ω]	CH1 A/R [Ω]
175.571429k	51.863	-831.23m
175.979592k	52.105	-1.8196
176.387755k	52.222	-2.6996
176.795918k	52.24	-3.4914
177.204082k	52.212	-4.1715
177.612245k	52.157	-4.75
178.020408k	52.108	-5.226
178.428571k	52.048	-5.6276
178.836735k	52.052	-5.9582
179.244898k	52.076	-6.2476
179.653061k	52.168	-6.508
180.061224k	52.327	-6.7361
180.469388k	52.495	-7.0097
180.877551k	52.683	-7.198
181.285714k	52.971	-7.4768
181.693878k	53.176	-7.7334
182.102041k	53.47	-8.0586
182.510204k	53.719	-8.3857
182.918367k	54.039	-8.7593
183.326531k	54.466	-8.9043
183.734694k	55.002	-9.1958

6.0 Spulen und Kondensatoren, eingestellte Werte

Spulen:

L11:	D/mm=700;	d/mm=54;	n= 4	aktiv;	n= 2,5	passiv (kurzgeschlossen)
L21:	D/mm=700;	d/mm=54;	n= 3,5	aktiv;	n= 3	passiv
L1:	D/mm=450;	d/mm=42;	n= 10	aktiv;	n= 2,75	passiv
L2:	D/mm=450;	d/mm=35;	n= 6,2	aktiv;	n= 8,3	passiv

Kondensatoren:

C11:	1 Ebene:	14 Platten PC200	500 pF parallel	7000 pF (gesamt)
C21:	1 Ebene:	12 Platten PC200	500 pF parallel	6000 pF (gesamt)
C1:	4 Ebenen			
	1. Ebene (oben):	14 Platten PC200	5000 pF parallel	
	2. Ebene (von oben):	15 Platten PC200	5000 pF parallel	

Abstimmittel Reusen- LW- Antenne Zehlendorf 177 kHz, 1000 kW

Technische Dokumentation zur Abnahme am 4.Aug. 2003 mit Modifikation Aug. 2004

3. Ebene (von oben): 15 Platten PC200 5000 pF parallel

4. Ebene (unten): 15 Platten PC200 5000 pF parallel

7.0 Entkopplung durch Filter

Auf der Sendestation Zehlendorf werden neben der LW 177 kHz auch die MW Frequenzen 603 kHz mit maximal 250 kW und 693 kHz mit maximal 50 kW abgestrahlt. Die Unterdrückung dieser eingestrahnten Signale durch Filter wurde mit dem Spectrum- Analyzer HP 4195A, Seriennummer LR53536 C wie folgt gemessen:

Die Einspeisung des Signals findet auf einer Seite des Abstimmittels statt, auf der anderen Seite des AAM wird das Durchgangssignal empfangen.

Filter für 603 kHz:

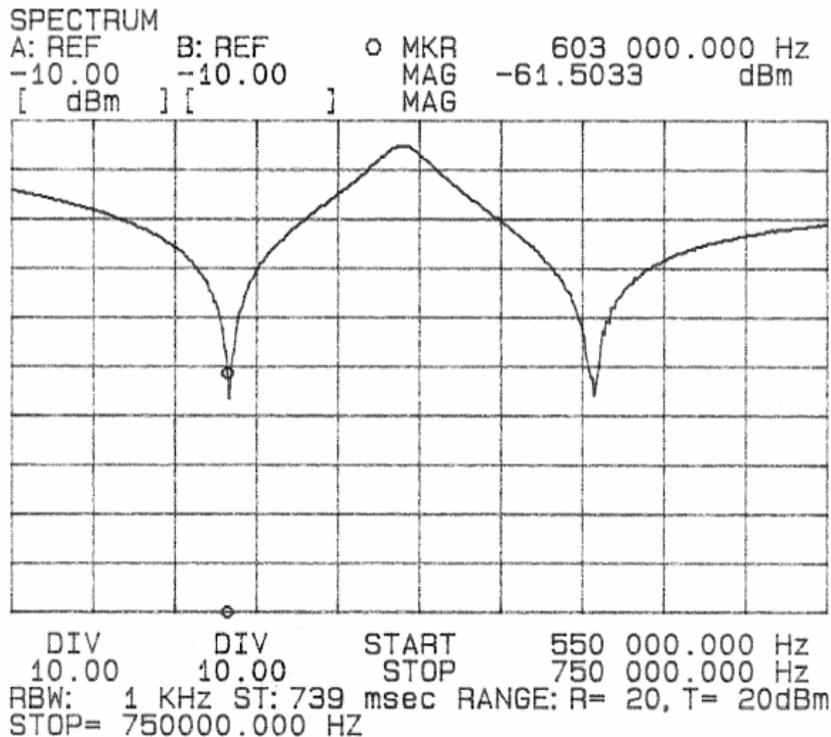
Sperrkreis bestehend aus L11 und C11

Einspeisung am Erdungsschalter S1 (Antenne abgetrennt), Empfang am Punkt zwischen Spule L2 und Speisekabel (Speisekabel abgetrennt)

Das Ergebnis ist der Anlage 14 [[sperrkreis_1.pdf](#)] zu entnehmen.

Sperrkreise 603+693 kHz Marker auf 603 kHz LW Zehlendorf

Messung am 4.8.2003



Die gemessene Entkopplung bei der Sperrfrequenz 603 kHz: 52 dB

Abstimmittel Reusen- LW- Antenne Zehlendorf 177 kHz, 1000 kW

Technische Dokumentation zur Abnahme am 4.Aug. 2003 mit Modifikation Aug. 2004

Filter für 693 kHz:

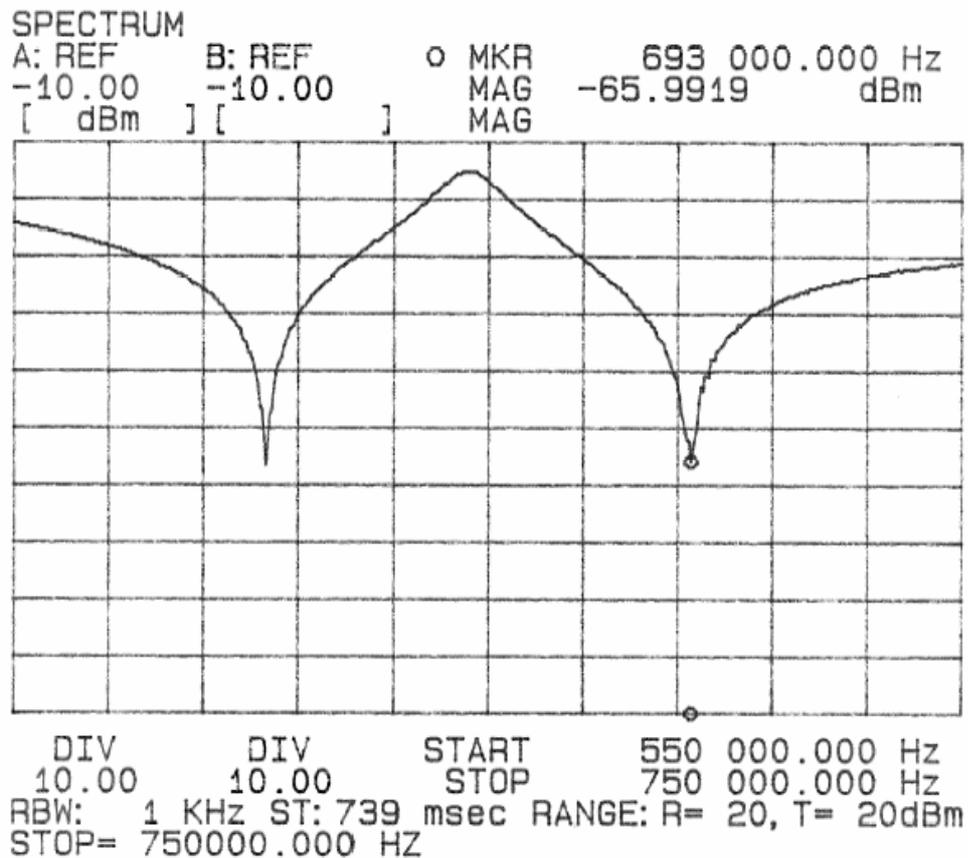
Sperrkreis bestehend aus L21 und C21

Einspeisung am Erdungsschalter S1 (Antenne abgetrennt), Empfang am Punkt zwischen Spule L2 und Speisekabel (Speisekabel abgetrennt)

Das Ergebnis ist der Anlage 15 [\[sperrkreis 2.pdf\]](#) zu entnehmen.

Sperrkreise 603+693 kHz Marker auf 693 kHz LW Zehlendorf

Messung am 4.8.2003



Die gemessene Entkopplung bei der Sperrfrequenz 693 kHz: 56 dB

Referenzmessung:

In allen Fällen wurde folgende Referenz- Messung vorgenommen: Das Messkabel vom Generator und das Messkabel zum Empfänger wurden direkt miteinander verbunden. Der dabei gemessene Empfangs- Pegel war dann der Referenz- Pegel.

8. Funkenstrecken

Die Einstellung der Funkenstrecken wurde wie folgt vorgenommen:

Abstimmittel Reusen- LW- Antenne Zehlendorf 177 kHz, 1000 kW

Technische Dokumentation zur Abnahme am 4.Aug. 2003 mit Modifikation Aug. 2004

Funkenstrecke	Kugeldurchmesser /mm	eingestellter lichter Abstand/mm
F1	80	30
F2	80	8
F10	40	10
F20	40	10
Kondensatoren	40	10

9. Messgeräte

Die Messung der Abnahmewerte wurde entweder mit dem Messplatz von Herrn Gaigal, Deutsche Telekom oder einen Messplatz von TELEFUNKEN durchgeführt. Der Messplatz besteht aus folgenden Komponenten:

Network- Analyzer HP 8751A und HP 4195A
 Richtkoppler: Entwicklung Herr Gaigal oder Entwicklung TELEFUNKEN
 Verstärker: Entwicklung Herr Gaigal oder Entwicklung TELEFUNKEN
 Drucker: HP DeskJet 500C oder Stiftplotter TELEFUNKEN

10. Anlagen

Anlage	Dokument	Pdf- file	Inhalt
1	Zeichnung 51 A 7284_G1_lw_i3_sp	[7284_G1.pdf]	Geometrie der Antennenanlage
2	Zeichnung 51 A 7284_G2_lw_i3_sp	[7284_G2.pdf]	Geometrie der Antennenanlage
3	Zeichnung 51 A 7284_G3_lw_i3_sp	[7284_G3.pdf]	Geometrie der Antennenanlage
4	Zeichnung 51 A 7284_G4_lw_i3_sp	[7284_G4.pdf]	Geometrie der Antennenanlage
Anlage	Dokument	Pdf- file	Inhalt
5	Zeichnung 51 A 7284_HOR3	[7284_HOR3.pdf]	Horizontaldiagramm

Abstimmittel Reusen- LW- Antenne Zehlendorf 177 kHz, 1000 kW

Technische Dokumentation zur Abnahme am 4.Aug. 2003 mit Modifikation Aug. 2004

6	Zeichnung 51 A 7284_VER3	[7284_VER3.pdf]	Vertikaldiagramm
7	Zeichnung 51 A 7510_AAM, AE03	[Zehl imast AAM 177AE03.pdf]	Antennenabstimmittel
8	Smith-Chart und Tabelle	[antennen impedanz S1.pdf]	Messwerte für die Antennen- Impedanz
9	Tabelle	[antennen impedanz S2.pdf]	Messwerte für die Antennen- Impedanz
10	Zeichnung 51 A 7510_AN_F167 (Smith- Diagramm)	[TSB 7510 s Ant.pdf]	Antennenimpedanzen
11	Plot	[Kabel impedanz smith.pdf]	Messung der Impedanzen am Eingang des Kabels
12	Zeichnung 51 A 7510_SE_F167 (Smith- Diagramm)	[TSB 7510 s Tx.pdf]	Messung der Impedanzen am Eingang des Kabels
13	Messprotokoll der Telekom vom 14.10.2003	[Telekom Zldf 177 14 10 03.pdf]	Messung der Impedanzen am Eingang des Kabels
14	Plot (Messung)	[sperrkreis 1.pdf]	Entkopplung bei der Sperrfrequenz 603 kHz
Anlage	Dokument	Pdf- file	Inhalt
15	Plot	[sperrkreis 2.pdf]	Messung der Entkopplung bei der Sperrfrequenz 603 kHz