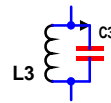
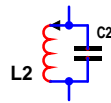
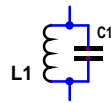


Elektroniker Geräte und Systemtechnik



Heinrich Rudolf Hertz (\* 22. Februar 1857 in Hamburg; † 1. Januar 1894 in Bonn) war ein deutscher Physiker. Er konnte 1886 als Erster elektromagnetische Wellen im Experiment erzeugen und nachweisen und gilt damit als deren Entdecker.

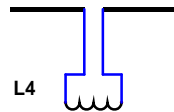
Grundsätzlich verhält sich eine Antenne wie ein Schwingkreis.



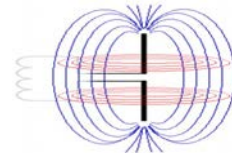
$$f_0 = \frac{1}{2\pi\sqrt{LC}}$$

Liegt eine Wechselspannung an und ist  $XL = XC$  dann tritt der Resonanzfall ein. Dann entsteht eine Spannungsüberhöhung und die zuführende Energie braucht nur noch die Verluste aus zu gleichen.

**Faustregel:**  
Die Güte ist um so besser je kleiner die Kapazität, und je größer die Induktivität ist.



Das hat Herr Hertz bewogen, die Kapazität deutlich zu verkleinern



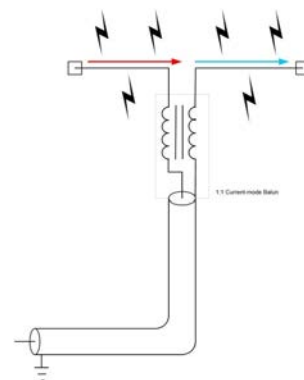
Entstehung einer Lambda/2-Dipolantenne aus einem Schwingkreis, blau: elektrische Felder, rot: magnetische Felder

Wir stellen also fest, dass eine Antenne ein Wandler ist: Elektrische Energie wird in Elektromagnetische Energie gewandelt. (und umgekehrt)  
In der Physik läuft aber leider nichts ohne Verluste.  
Wir Praktiker müssen zum Glück keine Diplomarbeit über Antennentechnik schreiben.  
Wir müssen nur grundsätzlich verstehen, wie man Verluste vermeiden kann.

- Polarisation:** Antennen strahlen polarisierte Wellen ab. (ausgenommen: Wendelantennen)
- Fußpunktwiderstand:** Verlustwiderstand und Strahlungswiderstand (wir nennen das Wellenwiderstand)
- Wirkungsgrad:** Bei exakter Anpassung sollte im Idealfall die einer Antenne zugeführte Energie auch vollständig abgestrahlt werden.
- Antennengewinn:** ist die relative Angabe gegenüber einem Dipol (0dB) der durch die Antennform erzielt wird.
- Nahbereich und Fernbereich:** die Phasenverschiebung zwischen elektrischem und magnetischen Feld verschwindet bei größerer Entfernung.
- Bandbreite:** Je kleiner der Lastwiderstand, desto größer die Bandbreite, natürlich auf Kosten des Wirkungsgrades.

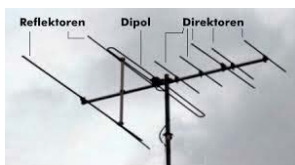
**Anpassung von Antennen**

In der Hochfrequenztechnik setzt man zur Energieübertragung meistens unsymmetrische Koaxialkabel (Wellenimpedanz 50, 60 oder 75 ) ein, weil diese weder Energie abstrahlen noch aufnehmen und deshalb keine Störungen verursachen. Antennen sind jedoch oft symmetrische Dipole, deren Eigenschaften durch unsymmetrischen Anschluss verschlechtert werden (Fehlanspassung). Ein Balun ist daher oft Bestandteil von Antennenanlagen bei Kurzwelle, UKW und UHF. Bei offenen Lambda/2-Dipolantennen ist die Impedanz nahe 75 ; beim Anschluss an Koaxialkabel mit 75 Wellenimpedanz ist keine Impedanztransformation nötig und es können Baluns verwendet werden, die nach dem Prinzip der Mantelwellensperre arbeiten. Hingegen ist bei Faltdipolen, wie sie beispielsweise in Yagi-Antennen verwendet werden, die Impedanz ca. 300 ; für koaxiale Antennenkabel mit 75 Wellenimpedanz ist eine 4:1-Impedanztransformation notwendig (Balun mit Spartrafo oder Lambda/2-Umwegleitung).



Spezifische Informationen : <https://de.wikipedia.org/wiki/Antenne#Fu%C3%9Fpunktwiderstand>

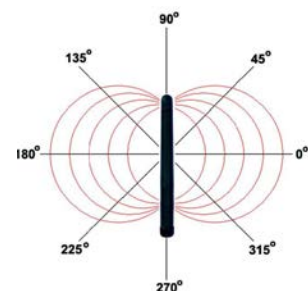
**Antennenformen**



(Terrestrische) Yagi Antenne sind Richtantennen etwa 14dB Gewinn



Satellitenantenne (Parabol) Gewinn: 21-26 dB



Stab- Antenne für UMTS, UKW, DAB, Funk Gewinn -3 bis 1,5 dB

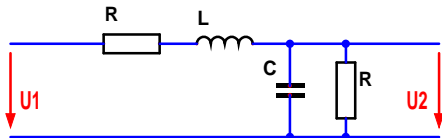
## Leitungstheorie

Die Leitungstheorie befasst sich mit Erscheinungen auf elektrischen Leitungen, deren Länge in der Größenordnung der Wellenlänge des übertragenen Signalspektrums oder darüber liegt, und tangiert hauptsächlich die Fernmeldetechnik, die Hochfrequenztechnik, die Impulstechnik und die elektrische Energieversorgung bei Hochspannungsleitungen.

Alleine über dieses Thema können sich Hochschulstudenten mit mathematisch physikalischen Hintergrund Jahrelang beschäftigen. Wir Praktiker müssen nur folgende Grundlagen berücksichtigen:

**Leitungsarten, Verlegearten, Konfektionierung, Dimensionierung, Anpassung, Abschirmung, Mandelströme, Skinneffekt**

### Ersatzschaltbild von Leitungen



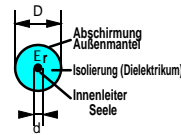
Die darin enthaltenen Größen sind mit der Länge zu multiplizieren.

Schon am Ersatzschaltbild einer Leitung wird klar, dass jeder Energietransport mit Verlusten einher geht. Um diese Dämpfungen beziffern zu können, verwenden wir das logarithmische Verhältnismaß im 20er Logarithmus. Wir setzen also Spannungen ins Verhältnis und erhalten dadurch eine Maßeinheit die nur addiert werden muss. Verstärker oder der Antennengewinn hat ein negatives Vorzeichen.

### Wichtigste Pegelwerte die Sie im Kopf haben müssen!

- 0 dB = 0
  - 3 dB = 1,41
  - 6 dB = 2
  - 14 dB = 5
  - 20 dB = 10
  - 40 dB = 100
- Welcher Unterschied sind 12 dB?  
 Antwort:  $2 \times 6 \text{ dB} = 2 \times 2 = 4$  fach  
 32 dB sind also: \_\_\_\_\_  
**Aufgabe:**  
 mit Taschenrechner Kontrollrechnen Tipp: dB-calculator App von Rhode und Schwarz für Smartphone

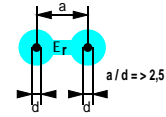
## Erforderliches Praktiker Wissen:



Koaxialleitung

$$Z = \frac{60}{\sqrt{\epsilon_r}} \cdot \ln \frac{D}{d}$$

$\epsilon_r$  = Faktor für isolierendes Material (Vakuum = 1)  
 $\epsilon_0$  = elektrische Feldkonstante



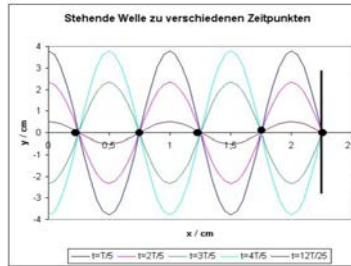
Stegleitung

$$Z = \frac{120}{\sqrt{\epsilon_r \text{ eff}}} \cdot \ln \frac{2a}{d}$$

Dielektrikum

### stehende Wellen vermeiden!

Sie entstehen durch Fehlanpassung oder Stoßstellen in Leitungen.



Nullpegelstellen nennt man **Wellenknoten (schwarze Punkte)**.

Die verschiedenen Amplituden heißen **Wellenbäuche**

Eine stehende Welle entsteht aus der Überlagerung zweier gegenläufig fortgeschreitender Wellen gleicher Frequenz und gleicher Amplitude. Die Wellen können aus zwei verschiedenen

Erregern stammen oder durch Reflexion einer Welle an einem Hindernis entstehen.

### Mandelstromfilter

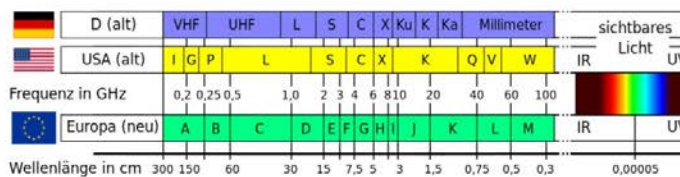
Ein Mantelstromfilter ist ein Bauteil, das entweder eine Brummschleife über eine zweifache Erd- oder Masseanbindung oder die Ausbreitung hochfrequenter, unerwünschter Gleichtaktsignale auf Koaxialkabeln verhindert.

### Skinneffekt

Beim Wechselstrom werden in Abhängigkeit der Frequenz Wirbelströme und elektrische Felder erzeugt, die die Ladungsträger in die Haut (englisch: Skin) des Leiters verdrängen. Dabei dienen die elektrischen Felder als Träger der Energie dienen. Dabei verringert sich aber auch der für die Ladungsträger nutzbare Leiterquerschnitt, wobei der Wirkwiderstand des Leiters zunimmt.

## Merke:

- Leitungen sind empfindlich - sie dürfen nicht geknickt werden, nicht scharf abgewinkelt werden, keine Dellen, keine offene Ummantelung.
- Sämtliche Ein und Ausgänge von Leitungen müssen mit dem entsprechenden Wellenwiderstand abgeschlossen werden.
- Von der Quelle bis zur Senke sollten die Leitungen so kurz wie möglich sein.
- Die Anschlüsse müssen fachgerecht ausgeführt sein um Reflexionen und Dämpfungen zu vermeiden.
- Die Leitungsämpfungen sind von der Frequenz abhängig. Will man eine große Bandbreite übertragen, dann entsteht eine Schräglage



Frequenzbänder nach Wellenlänge

engl. Abk.	englische Bezeichnung	dt. Abk.	deutsche Bezeichnung	Frequenzbereich	Wellenlänge	technische Verwendung
ELF	Extremely Low Frequency	NF	Niederfrequenz	3-30 Hz	100-10 Mm	Schumann-Resonanz
SLF	Super Low Frequency	NF	Niederfrequenz	30-300 Hz	10-1 Mm	Stromnetz, (ehemals) U-Boot-Kommunikation bis 300 m Tiefe
ULF	Ultra Low Frequency	NF	Niederfrequenz	0,3-3 kHz	1000-100 km	
VLF	Very Low Frequency	SLW	Niederfrequenz, Langwellen, Myriameterwellen	3-30 kHz	100-10 km	U-Boot-Kommunikation bis 30 m Tiefe, Pulsfunken
LF	Low Frequency	LW	Langwellen, Kilomaterwellen	30-300 kHz	10-1 km	Langwellenrundfunk, Zeitzeichensender/Funkuhren, terrestrische Navigation, Amateurfunkdienst
MF	Medium Frequency	MW	Mittelwellen, Hektometerwellen	0,3-3 MHz	1000-100 m	Mittelwellenrundfunk, teilweise Kurzwellenrundfunk, teilweise Grenzwellen, militärischer Flugfunk (teilweise), Lawinenschutzsuchgeräte, Amateurfunkdienst
HF	High Frequency	KW	Kurzwellen, Dekameterwellen	3-30 MHz	100-10 m	teilweise Kurzwellenrundfunk, teilweise Grenzwellen, Amateurfunkdienst, RFID
VHF	Very High Frequency	UKW	Ultrakurzwellen, Meterwellen	30-300 MHz	10-1 m	Funavigation, Flugfunk, UKW-Rundfunk, DAB+, Fernsehen, Radar, BOS-Funk, Amateurfunkdienst
UHF	Ultra High Frequency	UW	UHF-Frequenzband, Dezimeterwellen	0,3-3 GHz	10-1 dm	Mikrowellenherd, WLAN, Bluetooth, UWB-T, DAB+ → Hauptanteil: Dezimeterwellen
SHF	Super High Frequency		Zentimeterwellen	3-30 GHz	10-1 cm	Radar, Richtfunk, Satellitenrundfunk, WLAN, RTLS, Short Range Devices, Amateurfunkdienst, Elektronenspinresonanz-Spektroskopie (EPR)
EHF	Extremely High Frequency		Millimeterwellen	30-300 GHz	10-1 mm	Radar, Richtfunk, Amateurfunkdienst, Wireless Gigabit
Grenze des gemäß „Frequenzbereichszuweisungsplan“ der Internationalen Fernmeldeunion (VO Funk <sup>(1)</sup> ) regulierten Spektrums						
		IR	Infrarotstrahlung	0,3-385 THz	0,78-1000 µm	Temperaturmessung, Amateurfunkdienst <sup>(2)</sup>
FIR	Far Infrared	FIR	Fernes Infrarot / Terahertzstrahlung	0,3-20 THz	15-1000 µm	Sicherheits-technik, Materialprüfung
			langwelliges Infrarot/thermisches Infrarot	20-37,5 THz	8-15 µm	
LWIR/TIR	Long Wavelength Infrared/Thermal Infrared					
MWIR	Mid Wavelength Infrared					
			Kurzweiliges Infrarot	100-214 THz	1,4-3 µm	
SWIR	Short Wavelength Infrared					
NIR	Near Infrared		Nahes Infrarot	100-385 THz	0,78-3,0 µm	Lichtschranken, Fernbedienungen, Lichtwellenleiter, IRDA
VIS	Visible Light		sichtbares Licht	385-750 THz	400-780 nm	Beleuchtung, Lichtwellenleiter

Praktische Anwendung:

Jeder Frequenzbereich unterliegt besonderen physikalischen Bedingungen, denn die Wellen breiten sich unterschiedlich aus. Daher ist auch die Reichweite abhängig von der Erdkrümmung sowie der Erdatmosphäre. Lange Wellen sind zudem noch von Tag und Nacht abhängig und werden von der Stratosphäre ( in 35 bis 150 Km über der Erde) reflektiert. Dadurch kann man auf den Kurzwellen und Mittelwellenbändern um die ganze Erde funken und empfangen. Langwellen breiten sich nur auf dem Boden aus und eignen sich deshalb besonders für den maritimen Funkverkehr (U-Boote). Ultrakurze und Millimeterwellen hingegen verhalten sich wie Licht und durchdringen auch die Stratosphäre. (Sonst gäbe es keine Raumfahrt und keine Satelliten).

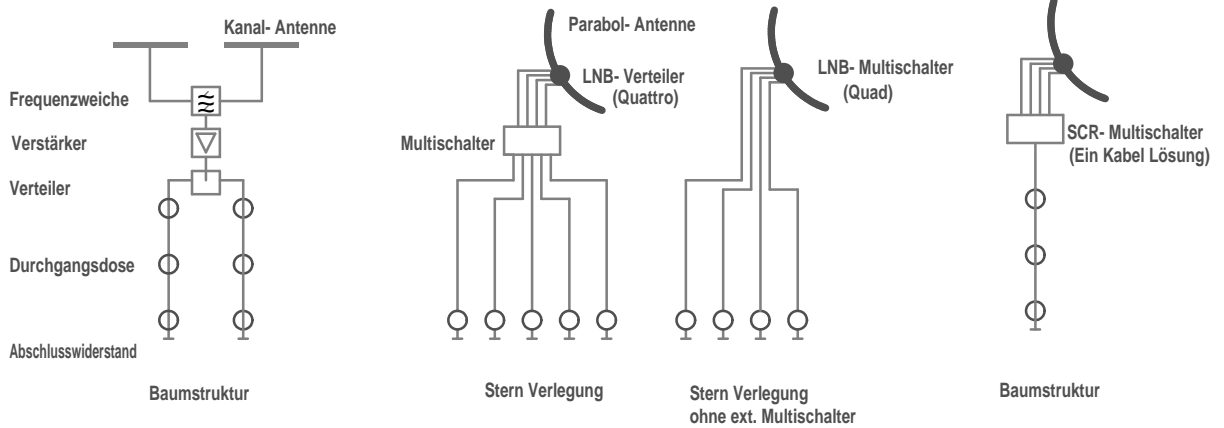
Praktiker sollten nur wissen:

Für Lang, Kurz und Mittelwelle braucht man sehr lange Drähte die horizontal zu verlegen sind (je nach Wellenlänge)  
 Für UKW Radio kann schon eine Wurfantenne von 75cm (Lambda/halbe) genügen ab hier sind Dipol Antennen angeraten.  
 Für UHF und höher werden Dipol, Yagi, Wendel und Parabolantennen eingesetzt und die Polarisation ist dabei zu beachten.

Signalverteilung:

Antennen sind üblicherweise außerhalb von Gebäuden angebracht. Dadurch bedingt muss der Pegel möglichst Verlustarm bis zur Senke gebracht werden. Hierzu werden Leitungen oder Hohlleiter (kommerziellen Bereich) eingesetzt.

Methode, Signalverteilung:



Messtechnik:

Die optimale Anpassung der Antenne wird mit einem Stehwellen Messgerät in der Sendetechnik ermittelt. Empfangs und Sendantennen werden mit Vektor Analytoren durch geführt. (wird praktisch vorgestellt)  
 Zum Ausrichten der Antenne und zur Kontrolle daß der Pegel ausreichend Vorhanden ist, werden Antennenmessgeräte eingesetzt. So ein Messgerät wird vorgestellt und darüber hinaus werden nützliche Hilfsvorrichtungen gezeigt die zum Nachbau anregen sollen.

Spektrumanalysator:

Damit wird die Amplitude der Trägerfrequenzen über ein breites Frequenzband dargestellt. Somit ist es möglich eine Leitungsstrecke beurteilen zu können. Bekanntlich wird die Dämpfung auf einer Leitung um so größer, je höher die zu übertragenden Trägerfrequenzen sind. Es entsteht eine Schräglage, die mit Bandpassverstärker ausgeglichen werden muss. (Gilt besonders bei Kabelfernsehanlagen)



Verteilung der Antennenspannung bis zum Empfangsort

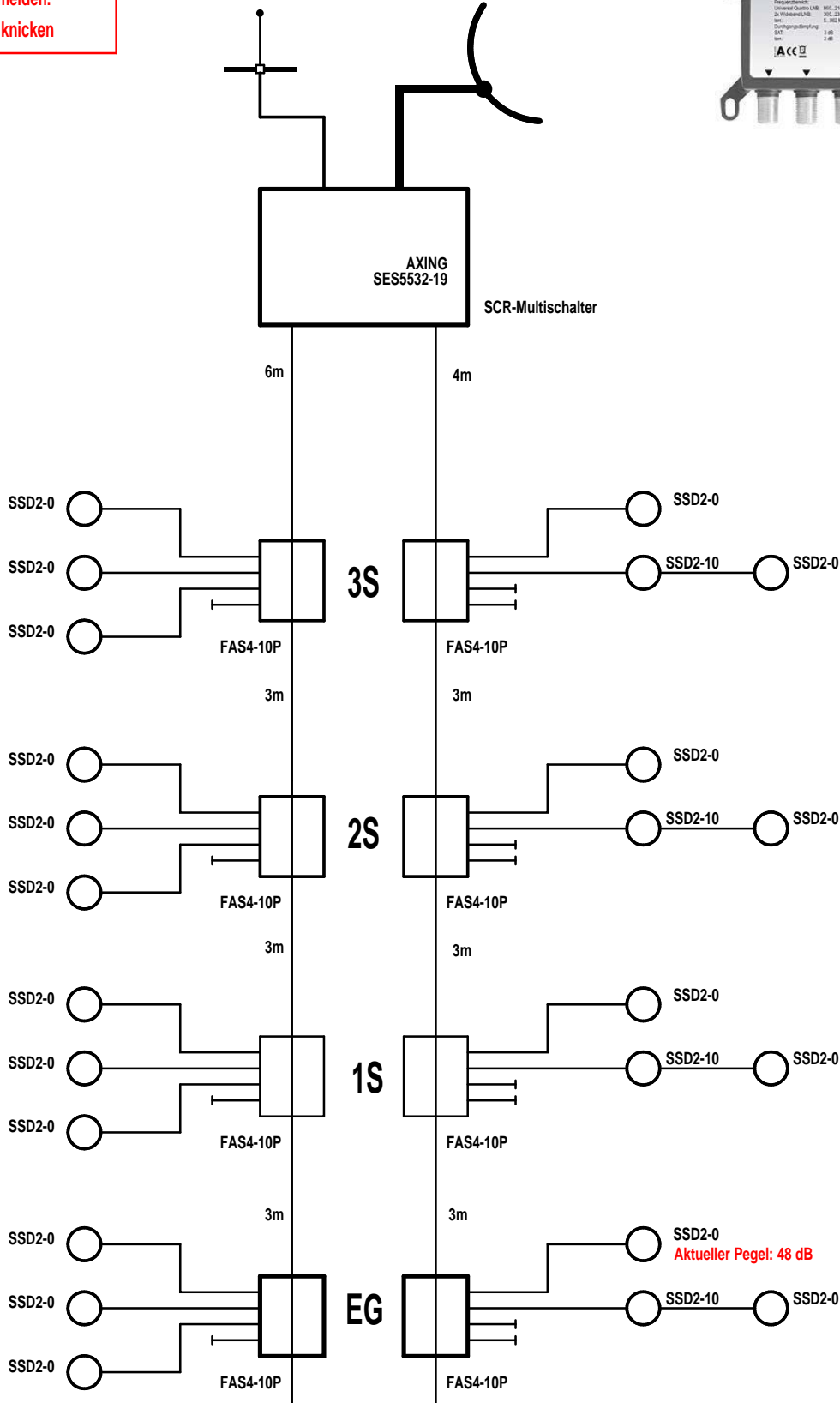
**Faustregel:**

Der beste Verstärker ist die Antenne  
je kürzer die Zuleitung um so besser.

Leitungen dürfen nicht offen bleiben.

Stoßstellen vermeiden.

Leitungen nicht knicken



**Satelliten Empfangsanlage für 20 Wohneinheiten**

Unicable II (SCR) bedeutet unabhängiges Fernsehen in Baumstruktur verlegt.



Die grundsätzlichen Modulationsarten müssen dem Informationstechniker klar sein.

### Modulationsarten (A1A,A3E,F3E,)

worin steckt die Information für Lautstärke und Tonhöhe?

- AM = Trägerfrequenz Amplitude = Lautstärke  
Häufigkeit der Amplitudenänderung = Tonhöhe
- FM = Trägerfrequenz Änderung (Hub) = Lautstärke  
Häufigkeit der Frequenzänderung = Tonhöhe

### Digitale Modulationsverfahren

ASK | FSK | GFSK | PSK | QPSK | QAM |  
APSK | OFDM | DMT | TCM | VSB

### Pulsmodulationsverfahren

PDM | PAM | PFM | PPM (1) | PPM (2) | PCM

### Frequenzspreizende Modulationsverfahren

FHSS | DSSS | THSS | CSS

### Analoge Modulationsverfahren

**AM**

Bei der Amplitudenmodulation (AM) schwankt die Amplitude einer hochfrequenten Schwingung niederfrequent.

**FM**

Die Frequenzmodulation (FM) ist ein Modulationsverfahren, bei dem die Trägerfrequenz durch das zu übertragende Signal verändert wird. Die Frequenzmodulation ermöglicht gegenüber der Amplitudenmodulation einen höheren Dynamikumfang des Informationssignals

**PM**

Pulsmodulation ist ein Sammelbegriff für Modulationsverfahren, die einen Puls als Träger verwenden:

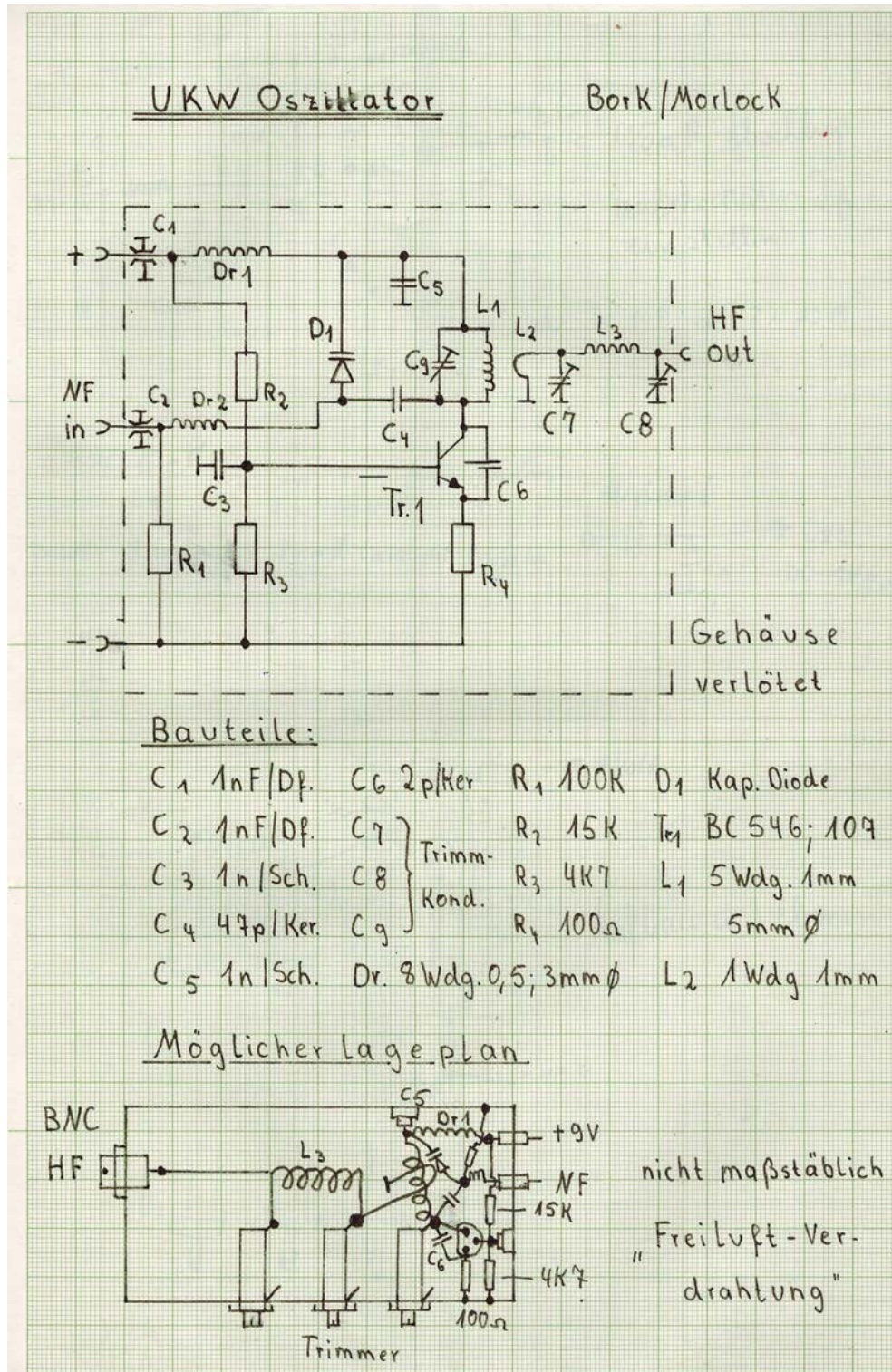
**VM**

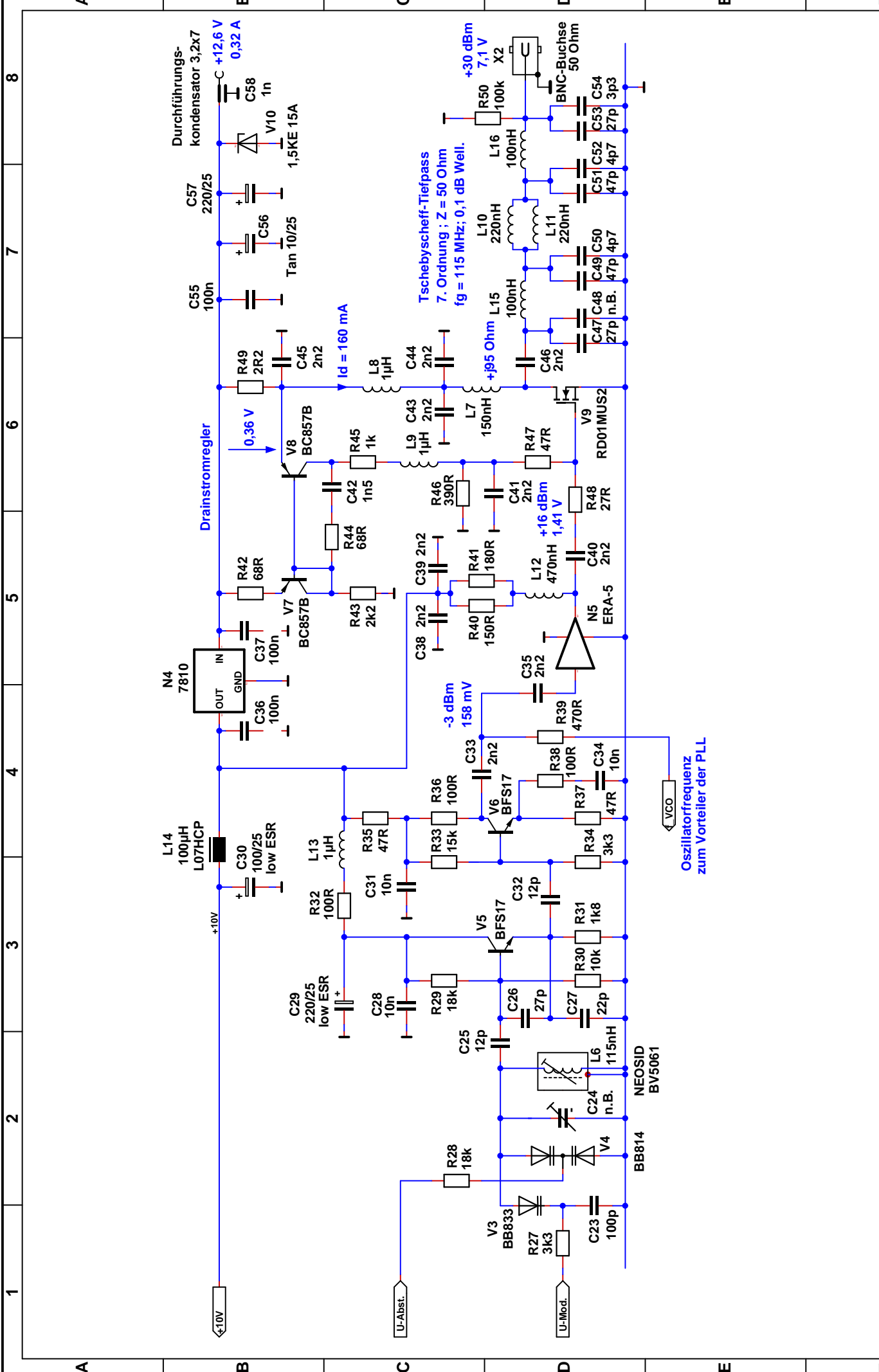
Ein Vektormodulator kann verwendet werden, um eine Phasenverschiebungsfunktion auszuführen, mit dem zusätzlichen Vorteil der Amplitudensteuerung.

Ein Signal wird in zwei Signale aufgeteilt, die 90 Grad voneinander entfernt sind (in Phase und Quadratur). Es gibt viele Möglichkeiten, Quadratursignale zu erzeugen.

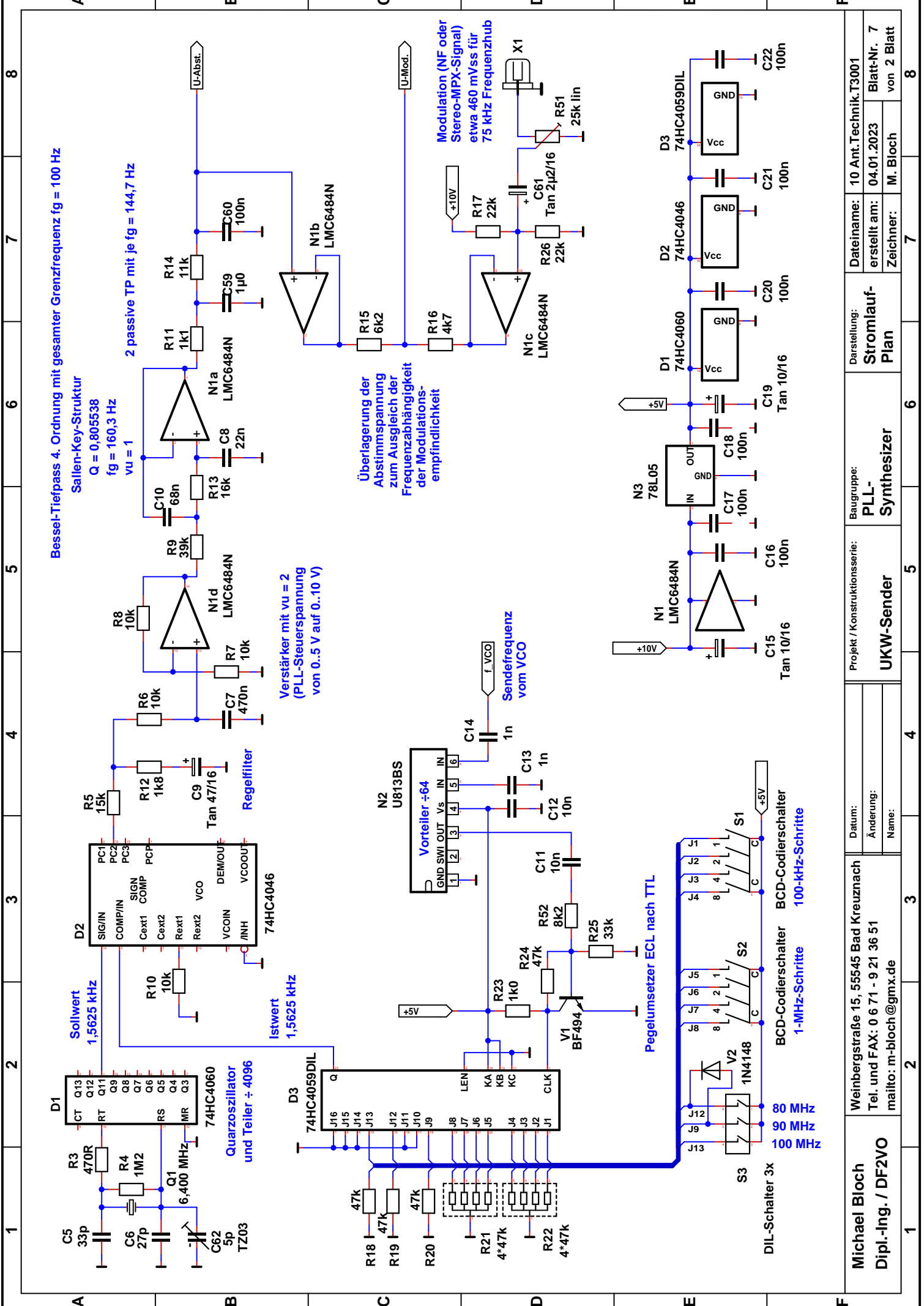
**SSB**

Die Einseitenbandmodulation (ESB, heute geläufiger als SSB von englisch single-sideband modulation) ist eine spektrum- und energieeffiziente Modulationsart zur Sprachübertragung. Sie wird üblicherweise auf analogen Funkverbindungen wie dem Kurzwellenbereich für Seefunk, Flugfunk auf Langstrecken, in militärischen Anwendungen und im Amateur-, sowie im CB-Funk verwendet.

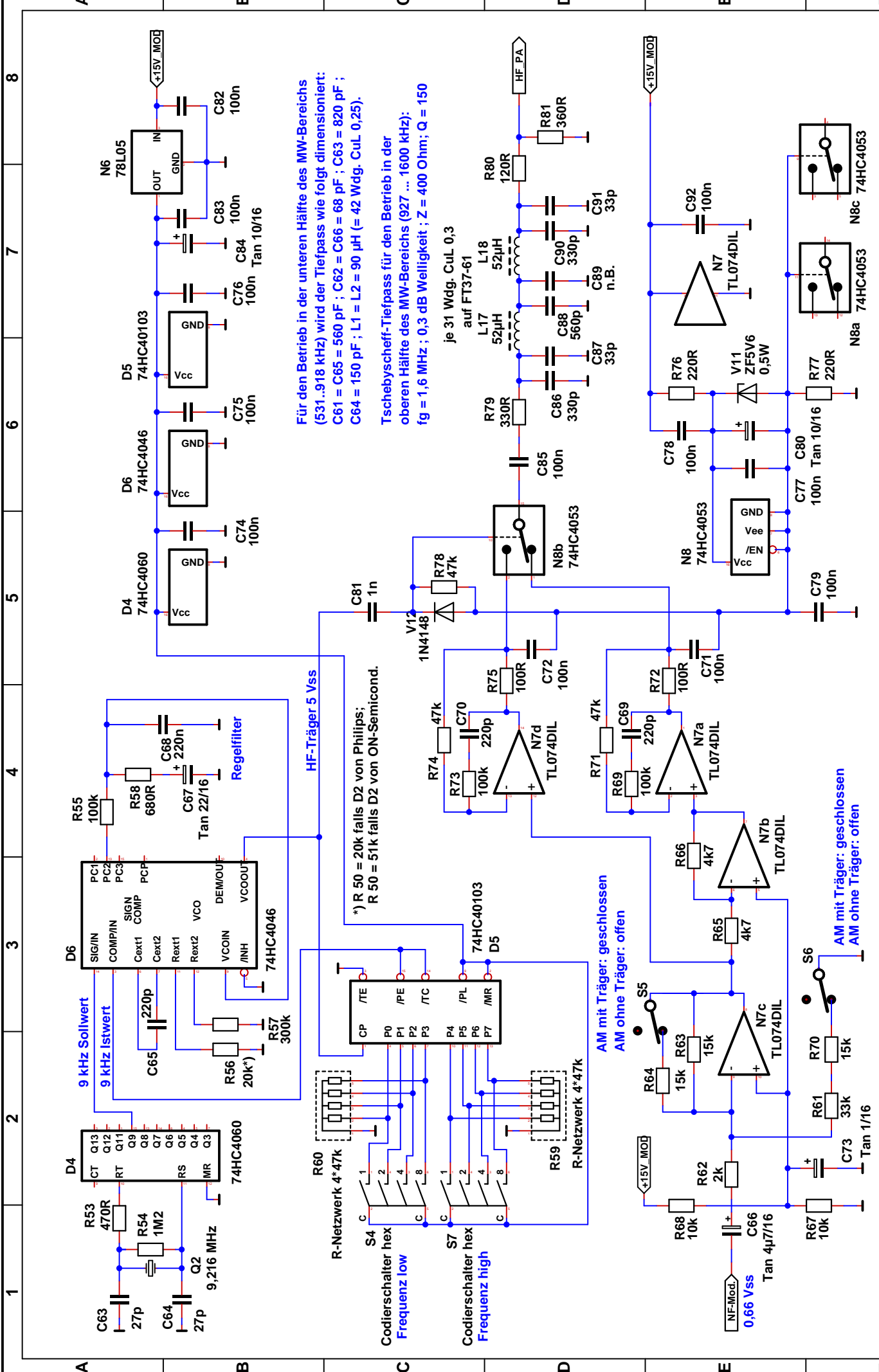




1	2	3	4	5	6	7	8				
Michael Bloch Dipl.-Ing. / DF2VO	Weinbergstraße 15, 55545 Bad Kreuznach Tel. und FAX: 0 6 71 - 9 21 36 51 mailto: m-bloch@gmx.de			Projekt /Konstruktionsserie: <b>UKW-Sender (1-W-Variante)</b>		Baugruppe: <b>HF-Teil 1 Watt</b>		Darstellung: <b>Stromlauf- Plan</b>		Dateiname: 10 Ant. Technik.T3001	
	Datum: Änderung: Name:		10 Ant. Technik.T3001		erstellt am: 04.01.2023		Zeichner: M. Bloch		Blatt-Nr. 6 von 2 Blatt		



Michael Bloch Dipl.-Ing. / DF2VO	Weinbergstraße 15, 55545 Bad Kreuznach Tel. und FAX: 0 6 71 - 9 21 36 51 mailto: m-bloch@gmx.de		Datum: Änderung: Name:	Projekt /Konstruktionsserie: <b>UKW-Sender</b>	Baugruppe: <b>PLL-Synthesizer</b>	Darstellung: <b>Stromlauf-Plan</b>	Dateiname:	10 Ant. Technik.T3001
	erstellt am:	04.01.2023					Blatt-Nr. 7	
							Zeichner:	M. Bloch
1	2	3	4	5	6	7	8	



Für den Betrieb in der unteren Hälfte des MW-Bereichs (531..918 kHz) wird der Tiefpass wie folgt dimensioniert:  
 C61 = C65 = 560 pF ; C62 = C66 = 68 pF ; C63 = 820 pF ;  
 C64 = 150 pF ; L1 = L2 = 90 µH (= 42 Wdg. CuL 0,25).

Tschebyscheff-Tiefpass für den Betrieb in der oberen Hälfte des MW-Bereichs (927 ... 1600 kHz):  
 fg = 1,6 MHz ; 0,3 dB Welligkeit ; Z = 400 Ohm ; Q = 150  
 je 31 Wdg. CuL 0,3  
 auf FT37-61

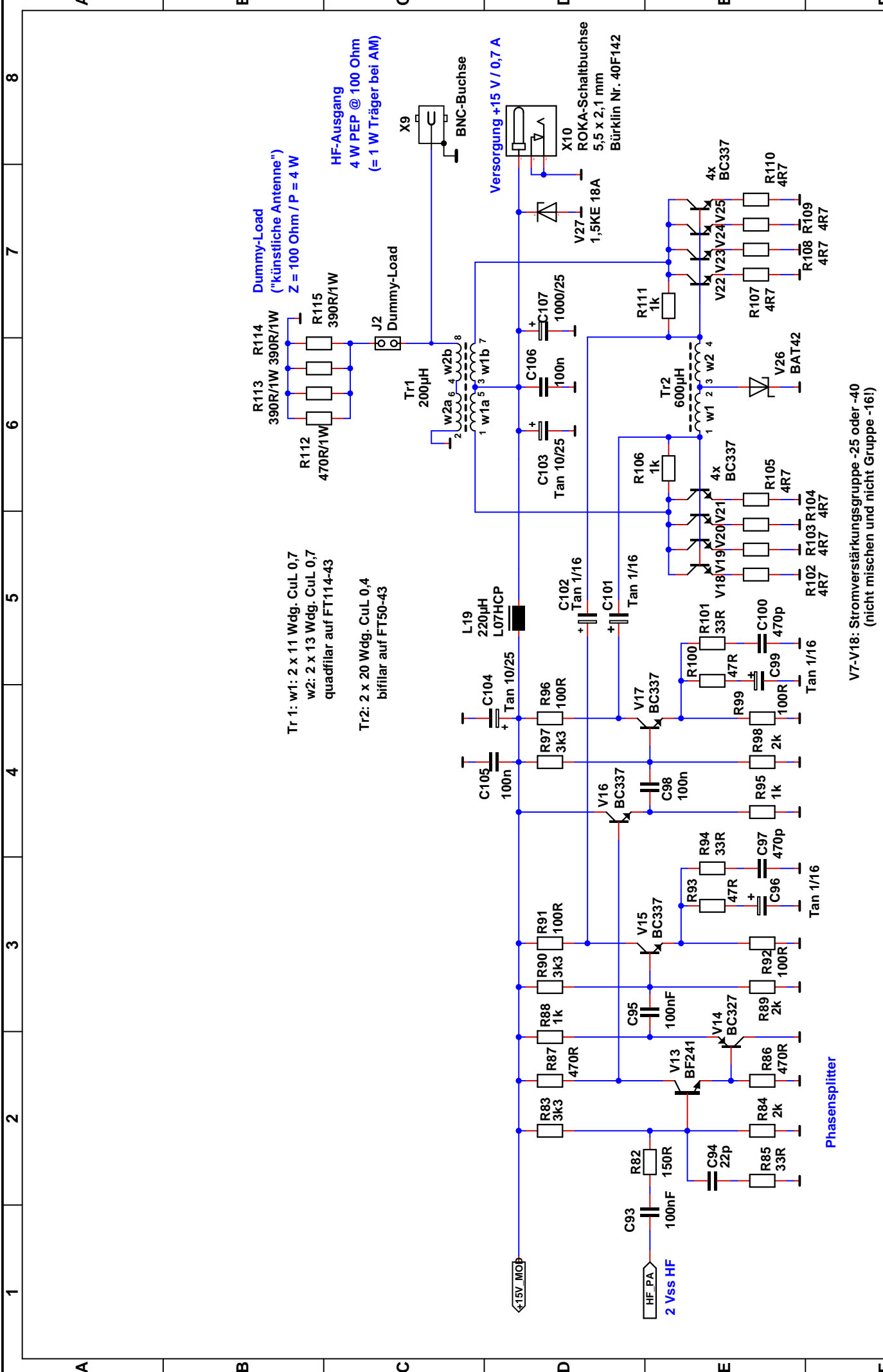
\*) R 50 = 20k falls D2 von Philips;  
 R 50 = 51k falls D2 von ON-Semicond.

AM mit Träger: geschlossen  
 AM ohne Träger: offen

AM mit Träger: geschlossen  
 AM ohne Träger: offen

Michael Bloch		Weinbergstraße 15, 55545 Bad Kreuznach		Projekt / Konstruktionsserie:		Baugruppe:		Darstellung:		Zeichn.-Nr.:		MW-Sender	
Dipl.-Ing. / DF2VO		Tel. und FAX: 0 6 71 - 9 21 36 51		Mittelwellen-		PLL und Modulator		Stromlauf-		erstellt am: 08.06.2013		Blatt-Nr. 8	
		mailto: m-bloch@gmx.de		sender		PLL und Modulator		Plan		Zeichner: M. Bloch		von 4 Blatt	





Tr1: w1: 2 x 11 Wdg. CuL 0,7  
w2: 2 x 13 Wdg. CuL 0,7  
quadfilär auf FT114-43

Tr2: 2 x 20 Wdg. CuL 0,4  
bifilar auf FT50-43

R113 R114 Dummy-Load  
390R/1W ("künstliche Antenne")  
Z = 100 Ohm / P = 4 W

R112 R115  
470R/1W 390R/1W

HF-Ausgang  
4 W PEP @ 100 Ohm  
(= 1 W Träger bei AM)

Versorgung +15 V / 0,7 A

X9 BNC-Buchse

X10 ROKA-Schaltbuchse  
5,5 x 2,1 mm  
Bürklin Nr. 40F142

V27 1,5KE 18A

V22 V23 V24 V25 4x BC337

R111 1k

R107 4R7 R110 4R7

R108 R109 4R7 4R7

V26 BAT42

R106 1k

R105 4R7

R102 R103 R104 4R7 4R7 4R7

R100 33R R101 33R C100 470p

R99 100R C99 470p Tan 1/16

R98 2k R95 1k

R97 3k3 R96 100R C104 Tan 10/25

R94 33R C97 470p C96 470p Tan 1/16

R93 47R C95 100nF

R92 100R R89 2k R86 470R

R88 1k R87 470R C94 22p R85 33R

R84 2k R83 3k3

R82 150R C93 100nF

V17 BC337 V16 BC337 V15 BC337

V18 V19 V20 V21 4x BC337

V13 BF241 V14 BC327

L19 220µH L07HCP

Tr2 200µH

Tr1 200µH

C107 1000/25 C106 100n

C103 Tan 10/25 C102 Tan 1/16 C101 Tan 1/16

C98 100n C99 470p C96 470p C97 470p C95 100nF

C105 100n

Phasensplitter

V7-V18: Stromverstärkungsgruppe -25 oder -40  
(nicht mischen und nicht Gruppe -16!)

1	2	3	4	5	6	7	8
Michael Bloch Dipl.-Ing. / DF2VO		Weinbergstraße 15, 55545 Bad Kreuznach Tel. und FAX: 0 6 71 - 9 21 36 51 mailto: m-bloch@gmx.de		Projekt / Konstruktionsserie: Mittelwellen- sender		Baugruppe: HF-Verstärker mit Linearendstufe	
Datum:		Änderung:		Name:		Zeichn.-Nr. MW-Sender V2	
						erstellt am: 08.06.2013 Blatt-Nr. 9	
						von 4 Blatt	
						Zeichner: M. Bloch	





## Fachbetrieb für Informationstechnik

### INFOSERVICE

Soonwaldstr. 10, 55629 Seesbach  
Tel: 06754-963153  
Mail: d.bork@imb-mainz.de

## Erdung von Antennenanlagen

Normen: VDE 0185-3 und VDE 0185 Teil 3 //2002-11

### Geschützter Bereich

Bei Gebäuden ohne Blitzschutzanlage.  
2m unterhalb der Dachkante und nah (<1,5m) am Gebäude.

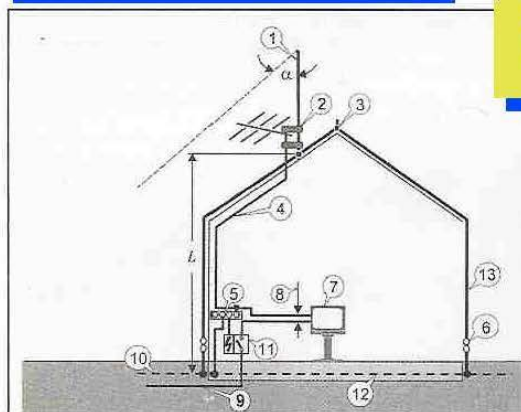
Bei Gebäuden mit Blitzschutzanlage.  
Entsprechend der Blitzschutzklasse und der Höhe der Fangeinrichtung  
über dem zu schützenden Bereich.

### Antennen im geschützten Bereich.

- 4 mm<sup>2</sup> Potentialausgleichsleiter aus Kupfer verbinden die Außenleiter der Koaxialleitungen mit dem Antennenmast.
- Überspannungsschutzgeräte dringend empfohlen.
- Bei Einhaltung der erforderlichen Trennungsabstände den Antennenmast nicht an den äußeren Blitzschutz anbinden.

### Antennen im ungeschützten Bereich.

- Keine direkte Anbindung an die äußere Blitzschutzanlage.
- 4 mm<sup>2</sup> Potentialausgleichsleiter aus Kupfer verbinden die Außenleiter der Koaxialleitungen mit dem Antennenmast.
- Überspannungsschutzgeräte erforderlich.
- Isoliert angebrachte Fangstangen anbringen und auf kürzestem Wege außen mit der Erdungsanlage verbinden.
- ODER das Standrohr als Fangstange benutzen. Dann müssen die Antennen isoliert am Mast befestigt werden.



- |  |   |
|--|---|
| 1 Fangstange   | 9 Energieversorgungskabel                           |
| 2 Distanzhalter  | 10 Erdungsanlage                                    |
| 3 horizontale Fangleitung am First   | 11 Energieverteilung mit Überspannungsschutzgeräten |
| 4 Antennenkabel  | 12 Fundamente Erde                                  |
| 5 Potentialausgleichsschiene, an die der metallene Schirm des Antennenkabels angeschlossen ist | 13 Leitung des äußeren Blitzschutzes                |
| 6 Prüfklemme   | L Länge für die Berechnung des Trennungsabstandes s |
| 7 Fernsehgerät   | α Schutzwinkel                                      |
| 8 Parallelführung des Antennenkabels und des Energieversorgungskabels                          |   |

Quelle: VDE-Verlag