

Elektromagnetische Wellen

Robert Seufert

VLF Myriameterwellen *Very Low Frequency*

<30 kHz >10 km

f[Hz]	[km]	f _a	f _e	Einheit	[m]	Bereich
-------	------	----------------	----------------	---------	-----	---------

Lichtjahr, 1 Jahr = 31.536.000 s

3,17E-08	9,45E+12	3,17E-08		Hz	1,05E+10	
----------	----------	----------	--	----	----------	--

1 Tag = 86.400 s

1,16E-05	2,59E+10	1,16E-05		Hz	28,6E6	
----------	----------	----------	--	----	--------	--

Elektromagnetische Mikroschwingungen

1,00E-02	3,00E+07	0,01	1	Hz	33145	
----------	----------	------	---	----	-------	--

Weltresonanz

1,00E-02	3,00E+07	0,01		Hz	33145	
----------	----------	------	--	----	-------	--

Sonnendurchmesser (zum Vergleich)

2,20E-01	1,39E+06	0,22		Hz	1536	
----------	----------	------	--	----	------	--

Entfernung Erde - Mond

7,40E-01	404.720	0,74	0,85	Hz	448	Infra-schall
----------	---------	------	------	----	-----	--------------

1 Sekunde Lichtgeschwindigkeit

1,00E+00	299.792	1		Hz	331	Infra-schall
----------	---------	---	--	----	-----	--------------

Seismische Vorgänge

1,00E+00	299.792	1	30	Hz	331 - 11	Infra-schall
----------	---------	---	----	----	----------	--------------

HI-FI

1,50E+01	19.986	15	15000	Hz	22	Schall
----------	--------	----	-------	----	----	--------

Erdurchmesser (zum Vergleich)

2,35E+01	12.748	23,52		Hz	14	Schall
----------	--------	-------	--	----	----	--------

technischer Wechselstrom

5,00E+01	5.996	50	60	Hz	6	Schall
----------	-------	----	----	----	---	--------

Los Angeles / New York (zum Vergleich)

6,00E+01	4.997	60		Hz	5,5	Schall
----------	-------	----	--	----	-----	--------

U-Boot-Verbindung

1,00E+02	2.998	100		Hz	3,3	Schall
----------	-------	-----	--	----	-----	--------

Flugzeugstromversorgung

4,00E+02	749	400		Hz	0,8	Schall
----------	-----	-----	--	----	-----	--------

Elektro-Anesthetie

6,00E+02	500	600		Hz	0,55	Schall
----------	-----	-----	--	----	------	--------

höchste Stimme, größte Hörempfindlichkeit

3,00E+03	99,9	3000		Hz	0,11	Schall
----------	------	------	--	----	------	--------

Fischtöne

6,00E+03	50,0	6000		Hz	0,052	Schall
----------	------	------	--	----	-------	--------

Induktionsheizung

1,00E+04	29.979	10	300	kHz	0,031	Radio
----------	--------	----	-----	-----	-------	-------

OMEGA (U-Boot Navigation, auslaufend) (Genauigkeit 1 NM)

1,00E+04	29.979	10	14	kHz	0,031	Radio
----------	--------	----	----	-----	-------	-------

Sonar

3,00E+04	9,99	30		kHz	0,011	Schall
----------	------	----	--	-----	-------	--------

In der Technik und mittlerweile auch in fast allen Bereichen des täglichen Lebens ist man ständig mit irgendwelchen Wellen, Schwingungen oder Strahlungen konfrontiert. Im Folgenden finden Sie eine Übersicht über das gesamte Spektrum der elektromagnetischen Wellen. Zum besseren Verständnis sind vor allem bei den sehr langen und sehr kurzen Wellen Vergleichsgrößen angegeben, z. B. Sonnendurchmesser, Entfernung Erde-Mond oder der kleinste Atomdurchmesser. Dies um ein besseres Gefühl für die Größenordnung von Schwingungen und deren Wellenlänge bzw. Frequenz zu bekommen.

Der Zusammenhang zwischen Frequenz und Wellenlänge ergibt sich dabei über die jeweilige Ausbreitungsgeschwindigkeit. Bei den elektromagnetischen Wellen ist dies die Lichtgeschwindigkeit c mit 299790 km / s. Für die Schallwellen wäre die Schallgeschwindigkeit, üblicherweise in Luft mit v = 330 m/s zu nehmen.

Elektromagnetische Wellenlänge

$$\lambda = c/f \quad c = 299790 \text{ km/s (Lichtgeschwindigkeit)}$$

Im Bereich der VLF wurde zur jeweiligen Frequenz auch noch die Schallwellenlänge angegeben.

Schallwellenlänge

$$\lambda_s = c/f \quad v = 331,45 \text{ m/s (Schallgeschwindigkeit)}$$

LF Kilometerwellen *Low Frequency*

30 kHz - 300 kHz 10 km - 1 km

f[Hz]	[m]	f _a	f _e	f	Einheit	Bereich
-------	-----	----------------	----------------	---	---------	---------

DECCA, LORAN-C/D (Schifffahrt)

7,00E+04	4.283	70	130	60	kHz	Radio
----------	-------	----	-----	----	-----	-------

LW-Rundfunk

Kanalraster: 9 kHz Kanalzahl: 15

1,50E+05	1999	150	285	135	kHz	Radio
----------	------	-----	-----	-----	-----	-------

ca. 1 Meile

2,50E+05	1199	250			kHz	Radio
----------	------	-----	--	--	-----	-------

NDB [Non Directional Beacon] (Seefunkfeuer)

2,55E+05	1.176	255	550	295	kHz	Radio
----------	-------	-----	-----	-----	-----	-------

MF Hektometerwellen *Medium Frequency*

300 kHz - 3 MHz 1000 m - 100 m

f[Hz]	[m]	f _a	f _e	f	Einheit	Bereich
-------	-----	----------------	----------------	---	---------	---------

Navigation: Radio Bacon, Radio-Navigation, Radio-Kompass

3,00E+05	999	300			kHz	Radio
----------	-----	-----	--	--	-----	-------

Int. Notruffrequenz

5,00E+05	600	500			kHz	Radio
----------	-----	-----	--	--	-----	-------

MW-Rundfunk

Kanalraster: 9 kHz Kanalzahl: 120

5,25E+05	571	525	1605	1080	kHz	Radio
----------	-----	-----	------	------	-----	-------

Katastrophen-Kommunikation

1,20E+06	250	1,200			MHz	Radio
----------	-----	-------	--	--	-----	-------

175m-Band (160m-KW-Amateurband)

1,72E+06	174,81	1,715	2,00		MHz	Radio
----------	--------	-------	------	--	-----	-------

LORAN-A [Long Range Navigation]

1,75E+06	171	1.750	1959	209	MHz	Radio
----------	-----	-------	------	-----	-----	-------

120m-Band

Kanalraster: 9 kHz Kanalzahl: 22

2,30E+06	130	2,300	2495	195	MHz	Radio
----------	-----	-------	------	-----	-----	-------

TROPEN-Rundfunk (Short Wave) Kanalraster: 9 kHz

2,30E+06	130	2,300	5060	2760	MHz	Radio
----------	-----	-------	------	------	-----	-------

Schiffsfunk

2,50E+06	120	2,500			MHz	Radio
----------	-----	-------	--	--	-----	-------

HF Dekameterwellen High Frequency

3 MHz - 30 MHz 100 m - 10 m

f [Hz]	λ [m]	f _a	f _s	f	Einheit	Bereich
90m-Band Kanalraster: 9 kHz Kanalzahl: 22						
3.20E+06	94	3.200	3400	200	MHz	Radio
85m-Band (80m-KW-Amateurband)						
3.50E+06	85,65	3,50	3,80		MHz	Radio
75m-Band (USA u. Tropen) Kanalr.: 5 kHz Kanalz.: 20						
3.90E+06	76,87	3,90	4,00	0,10	MHz	Radio
60m-Band Kanalraster: 9 kHz Kanalzahl: 34						
4.75E+06	63	4.750	5060	310	MHz	Radio
Int. Notruffrequenz						
5.00E+06	59,96	5			MHz	Radio
KW-Rundfunk Kanalraster: 5 kHz Kanalzahl: 390						
5.95E+06	50,39	5,95	26,10	20,2	MHz	Radio
49m-Band Kanalraster: 5 kHz Kanalzahl: 40						
6.00E+06	49,97	6,00	6,20	0,20	MHz	Radio
42m-Band (40m-KW-Amateurband)						
7.00E+06	42,83	7,00	7,15		MHz	Radio
41m-Band (nicht in USA) Kanalr.: 5 kHz Kanalzahl: 20						
7.20E+06	41,64	7,20	7,30	0,10	MHz	Radio
31m-Band Kanalraster: 5 kHz Kanalzahl: 40						
9.50E+06	31,56	9,50	9,70	0,20	MHz	Radio
25m-Band Kanalraster: 5 kHz Kanalzahl: 40						
1.17E+07	25,62	11,70	11,90	0,20	MHz	Radio
Weltraumforschung						
1.20E+07	24,98	12			MHz	Radio
Industriefrequenz (+/-0,05 %)						
1.36E+07	22,11	13,56			MHz	Radio
21m-Band (20m-KW-Amateurband)						
1.40E+07	21,41	14,00	14,35		MHz	Radio
19m-Band Kanalraster: 5 kHz Kanalzahl: 50						
1.51E+07	19,85	15,10	15,35	0,25	MHz	Radio
16m-Band Kanalraster: 5 kHz Kanalzahl: 20						
1.78E+07	16,89	17,75	17,85	0,10	MHz	Radio
14m-Band (15m-KW-Amateurband)						
2.10E+07	14,28	21,00	21,45		MHz	Radio
13m-Band Kanalraster: 5 kHz Kanalzahl: 60						
2.15E+07	13,98	21,45	21,75	0,30	MHz	Radio
11m-Band Kanalraster: 5 kHz Kanalzahl: 100						
2.56E+07	11,71	25,60	26,10	0,50	MHz	Radio
CB -Funk (11m-Band)						
2.70E+07	11,10	27,00			MHz	Radio
Industriefrequenz (+/-0,6 %)						
2.71E+07	11,05	27,12			MHz	Radio
10m-Band (10m-KW-Amateurband)						
2.80E+07	10,71	28,00	29,70		MHz	Radio

VHF Meterwellen Very High Frequency

30 MHz - 300 MHz 10 m - 1 m

f [Hz]	λ [m]	f _a	f _s	f	Einheit	Bereich
Radioastronomie						
3.00E+07	9,99	30	80	50	MHz	Fernsehen
A-Mobiltelefon						
4.00E+07	7,49	40			MHz	Fernsehen
Industriefrequenz (+/-0,05 %)						
4.07E+07	7,37	40,68			MHz	Radio
TV -Band I (K2-K4) Kanalraster: 7 MHz Kanalzahl: 3						
4.70E+07	6,38	47	68	21	MHz	Fernsehen
UKW-, TV-Rundfunk (95 UKW+82 TV) Kanalz.: 177						
4.70E+07	6,38	47	862	815	MHz	Fernsehen
Marker (Flug-Funkpeilung)						
7.50E+07	4,00	75			MHz	Fernsehen
UKW -Band II (100 kHz) (K1-K70) Kanalraster: 300 kHz Kanalzahl: 70						
8.75E+07	3,43	87,5	108,2	20,70	MHz	Fernsehen
ILS-LLZ [Instrument Landing System-Localizer]						
1.08E+08	2,78	108	118	10	MHz	Fernsehen
VDF [VHF Direction Finder], Genauigkeit 3m, +/-3°						

1.18E+08	2,54	118	136	18	MHz	Fernsehen
Galaktische Geräusche (Noise)						
1.20E+08	2,50	120			MHz	Fernsehen
Kabelsonderkanäle (S4-S10) Kanalr.: 7 MHz Kanalz.: 7						
1.25E+08	2,40	125	174	49	MHz	Fernsehen
Telemetrie						
1.43E+08	2,10	143			MHz	Satelliten
2m-Band (UKW-Amateurband)						
1.44E+08	2,08	144	146		MHz	Radio
TRANSIT (nicht erfolgreich)						
1.50E+08	2,00	150	400	250	MHz	Fernsehen
TV -Band III (K5-K12) Kanalraster: 7 MHz Kanalzahl: 8						
1.74E+08	1,72	174	230	56	MHz	Fernsehen
UDF [UHF Direction Finder]						
2.25E+08	1,33	225	400	175	MHz	Fernsehen
Kabelsonderkanäle (S11-S20) Kanalr.: 7 MHz Kanalz.: 10						
2.30E+08	1,30	230	300	70	MHz	Fernsehen

SHF Dezimeterwellen Super High Frequency

300 MHz - 3 GHz 1 m - 10 cm

f [Hz]	λ [m]	f _a	f _s	f	Einheit	Bereich
Satellitenfunk, ILS						
3.00E+08	1,00	300			MHz	Satelliten
Kabelsonderkanäle (S21-S38) Kanalr.: 8 MHz Kanalzahl: 18						
3.02E+08	0,99	302	446	144	MHz	Fernsehen
Kabelsonderkanäle D2MAC (H21-H32) Kanalraster: 12 MHz Kanalzahl: 12						
3.02E+08	0,99	302	446	144	MHz	Fernsehen
ILS-GP [ILS-Glide Path], Genauigkeit +/-0,75m						
3.28E+08	0,91	328	335	7	MHz	Fernsehen
Telemetrie						
4.01E+08	0,75	401			MHz	Satelliten
70cm-Band (UKW-Amateurband)						
4.20E+08	0,714	420	460		MHz	Radio
Radioaltimeter (Genauigkeit cm)						
4.40E+08	0,68	440			MHz	Satelliten
Industriefrequenz (+/-0,20 %)						
4.61E+08	0,65	461,04			MHz	Radio
TV -Band IV (K21-K37) Kanalr.: 8 MHz Kanalzahl: 17						
4.70E+08	0,64	470	606	136	MHz	Fernsehen
RADAR [Radio Detection And Ranging]						
6.00E+08	0,50	600	38000		MHz	Satelliten
TV -Band V (K38-K69) Kanalraster: 8 MHz Kanalzahl: 32						
6.06E+08	0,49	606	862	256	MHz	Fernsehen
in Deutschland (nur-K60) Kanalr.: 8 MHz Kanalzahl: -8						
7.90E+08		790			MHz	Fernsehen
D.E.GSM-Mobiltelefon						
8.00E+08	0,37	800			MHz	Satelliten
TACAN [Tactical Air Navigation] (mil.)						
DME [Distance Measuring Equipment] SSR						
9.60E+08	0,31	960	1215	255	MHz	Fernsehen
Wettersatelliten, Radiosonden						
1.20E+09	0,25	1.200			MHz	Satelliten
23cm-Band (UKW-Amateurband)						
1.22E+09	0,247	1.215	1.300		MHz	Radio
GPS [Global Positioning System]						
1.23E+09	0,24	1227,60	1575,42		MHz	Satelliten
GLONASS (russ.) [Global Navigation Satellite System]						
1.25E+09	0,24	1246	1602		MHz	Satelliten
Radioaltimeter (Genauigkeit cm)						
1.63E+09	0,18	1.630			MHz	Satelliten
GSM-Mobiltelefon						
1.80E+09	0,17	1.800			MHz	Satelliten
12cm-Band (UKW-Amateurband)						
2.30E+09	0,13	2300	2450		MHz	Radio
Industriefrequenz (+/-50 MHz)						
2.40E+09	0,12	2400			MHz	Radio

UHF Zentimeterwellen *Ultra High Frequency*

3 GHz - 30 GHz 10 cm - 1 cm

f[Hz]	λ[mm]	f _a	f _s	f	Einheit	Bereich
Mikrowelle						
3.00E+09	99,93	3			GHz	Radar
Radioaltimeter (Genauigkeit cm)						
4.30E+09	69,72	4,3			GHz	Radar
MLS [Microwave Landing System]						
5.00E+09	59,96	5,0			GHz	Radar
5cm-Band (UKW-Amateurband)						
5.65E+09	53,06	5,650	5850		MHz	Radio
Industriefrequenz (+/-75MHz)						
5.85E+09	51,25	5.850			MHz	Radio
TELSTAR						
6.00E+09	49,97	6			GHz	Radar
TV-SAT Analog						
6.00E+09	49,97	6	15	9	GHz	Radar
TV-SAT Digital						
6.00E+09	49,97	6	30	24	GHz	Radar
Wetter-RADAR						
8.00E+09	37,47	8			GHz	Radar
Doppler-RADAR						
9.00E+09	33,31	9			GHz	Radar
3cm-Band (UKW-Amateurband)						
1.00E+10	30	10,000	10.500		MHz	Radio
Wasser-Resonanz						
2.00E+10	14,99	20			GHz	Radar

EHF Millimeterwellen *Extremely High Frequency*

30 GHz - 300 GHz 1 cm - 1 mm

f[Hz]	λ[mm]	f _a	f _s	f	Einheit	Bereich
Radio-Astronomie, Atomuhren						
3.00E+10	9,99	30			GHz	Radar
Sauerstoff-Resonanz						
8.00E+10	3,75	80			GHz	Radar
Massenspektroskopie						
3.00E+11	1,00	300	800	500	GHz	Radar

IR Infrarotstrahlung Wärmestrahlung *Infrared*

300 GHz - 300000 GHz 1 mm - 1 µm

f[Hz]	λ[mm]	f _a	f _s	f	Einheit	Bereich
Temperaturstrahlung d. Schwarzen Körpers						
1.00E+13	29,979	10			THz	Licht-IR
Wärmestrahlung des menschl. Körpers und der Erde						
1.00E+13	29,979	10			THz	Licht-IR
Düsenjäger-Strahlung						
6.00E+13	4,997	60			THz	Licht-IR
SAT-Tracking, Waldbrandmelder						
1.00E+14	2,998	100			THz	Licht-IR
Elektrische Heizgeräte						
1.20E+14	2,498	120			THz	Licht-IR
Energie 1 EV						
2,42E+14	1,240	241,83			THz	Licht-IR

VIS Sichtbare Strahlung, Licht *Visible*

300000 GHz - 3000000 GHz 1 µm - 100 nm

f[Hz]	λ[mm]	f _a	f _s	f	Einheit	Bereich
Optische Strahlung Wellenlängenbereich[nm]: 900						
3.00E+14	1000	300	2998	2698,13	THz	Licht
Infrarot Wellenlängenbereich[nm]: 220						
3.00E+14	1000	300	384	84,56	THz	Licht
Sichtbares Licht Wellenlängenbereich[nm]: 400						
3.84E+14	780	384	789	404,58	THz	Licht
dunkel-rot Wellenlängenbereich[nm]: 117						
3.84E+14	780	384	452	67,83	THz	Licht
hell-rot Wellenlängenbereich[nm]: 38						
4,52E+14	663	452	480	27,49	THz	Licht

orange Wellenlängenbereich[nm]: 30						
4,80E+14	625	480	504	24,18	THz	Licht
gelb Wellenlängenbereich[nm]: 20						
5,04E+14	595	504	521	17,53	THz	Licht
gelb-grün Wellenlängenbereich[nm]: 25						
5,21E+14	575	521	545	23,70	THz	Licht
grün Wellenlängenbereich[nm]: 30						
5,45E+14	550	545	577	31,45	THz	Licht
cyan (blau-grün) Wellenlängenbereich[nm]: 35						
5,77E+14	520	577	618	41,60	THz	Licht
eis-blau Wellenlängenbereich[nm]: 25						
6,18E+14	485	618	652	33,59	THz	Licht
ultramarin-blau Wellenlängenbereich[nm]: 30						
6,52E+14	460	652	697	45,47	THz	Licht
violett Wellenlängenbereich[nm]: 50						
6,97E+14	430	697	789	91,74	THz	Licht

UV Ultraviolette Strahlung *Ultraviolet*

300000 GHz 100 nm

f[Hz]	λ[mm]	f _a	f _s	f	Einheit	Bereich
ultra-violett Wellenlängenbereich[nm]: 280						
7,89E+14	380	789	2998	2209	THz	Licht-UV
Lichtleiter						
9.00E+14	333	900			THz	Licht-UV
Polio-Virus						
1,00E+15	300	1,000			THz	Licht-UV

Röntgen-, Gamma-, Kosmische Strahlen

300 PHz 1 nm

f[Hz]	λ[mm]	f _a	f _s	f	Einheit	Bereich
Röntgen-Materialprüfung						
3,00E+17	0,999	300	3000	2700	PHz	Röntgenstrahlung
größter Atomdurchmesser						
4,50E+17	0,666	450			PHz	Röntgenstrahlung
kleinster Atomdurchmesser						
3,00E+18	0,100	3,000			PHz	Röntgenstrahlung
Elektronenmikroskopie						
3,00E+19	9,99E-03	30			EHz	Gammastrahlung
Radium-Gammastrahlung						
3,75E+19	7,99E-03	37,5			EHz	Gammastrahlung
Energie 1 µEV						
2,42E+20	1,24E-03	241,83			EHz	Gammastrahlung
Van-Allen-Strahlung						
1,00E+21	3,00E-04	1	4	3	ZHz	Kosmische Strahlung
Elektronendurchmesser						
5,32E+22	5,64E-06	53,2			ZHz	Kosmische Strahlung

