Bundesnetzagentur

Außenstelle Dortmund
Dienstleistungszentrum 10

Amateurfunkprüfungen
Hilfsmittel

BNetzA
Referat 225

Hinweis:

Die Formelsamlung weicht aufgrund der Berichtigung offenbarer Unrichtigkeiten in folgenden Punkten von dem veröffentlichten Fragenkatalog der 3. Auflage März. 2024 ab:

- Seite 15 Abschnitt Strahlungsleistung und Gewinn von Antennen; Formel zum Parabolspiegelgewinn
- Seite 17 Abschnitt Reflexion; Formel zum Stehwellenverhältnis
- Seite 21 Abschnitt Spezifischer Widerstand; Ersetze Zink durch Zinn

Nutzungsbedingungen
für die im Frequenzplan für den Amateurfunkdienst
und den Amateurfunkdienst über Satelliten ausgewiesenen Frequenzbereiche

Auf der Grundlage des § 6 Satz 1 des Amateurfunkgesetzes vom 23. Juni 1997 (BGBl. I S. 1494), das zuletzt durch Artikel 53 des Gesetzes vom 23. Juni 2021 (BGBl. I S. 1858) geändert worden ist, werden im Folgenden die technischen und betrieblichen Rahmenbedingungen für die Nutzung von Frequenzen des Amateurfunkdienstes und des Amateurfunkdienstes über Satelliten festgelegt:

(1) Fernbediente und automatisch arbeitende Amateurfunkstellen im Sinne von § 13 Absatz 1 und 2 dieser Verordnung dürfen nur auf den Frequenzen betrieben werden, die in der Rufzeichenzuteilung für diese Amateurfunkstellen ausgewiesen werden. Die maximal zulässige Strahlungsleistung für fernbediente oder automatisch arbeitende terrestrische Amateurfunkstellen beträgt oberhalb von 30 MHz 50 Watt ERP (ausgenommen Remote-Betrieb). Im Fall von fortgesetzter wechselseitiger Beeinflussung kann die Bundesnetzagentur eine Absenkung der Leistung anordnen. Der Betrieb von Linkstrecken ist von dieser Regelung ausgenommen und kann in Frequenzbereichen oberhalb von 1 GHz in besonders begründeten Fällen mit einer Strahlungsleistung von bis zu maximal 1 000 Watt ERP beantragt werden. Der Inhaber der Rufzeichenzuteilung muss sicherstellen, dass fernbediente Amateurfunkstellen jederzeit abgeschaltet werden können.

(2) Die belegte Bandbreite einer Amateurfunk-Aussendung ist entsprechend dem Stand der Technik auf das für die verwendete Sendeart notwendige Ausmaß zu beschränken. Die Mittenfrequenz der Amateurfunk-Aussendungen ist so zu wählen, dass die belegte Bandbreite innerhalb des dem Amateurfunk zugewiesenen Frequenzbereichs liegt. Der Vorrang des Funkverkehrs bereits belegter Frequenzen sowie der Vorrang des Amateurfunkdienstes über Satelliten und Aussendungen von Weltraumfunkstellen des Amateurfunkdienstes ist zu beachten.

(3) Die Funkdienste werden nach primären und sekundären Funkdiensten unterschieden. Ein primärer Funkdienst ist ein Funkdienst, dessen Funkstellen Schutz gegen Störungen durch Funkstellen sekundärer Funkdienste verlangen können, auch wenn diesen bereits Frequenzen zugeteilt sind. Schutz vor Störungen durch Funkstellen des gleichen oder eines anderen primären Funkdienstes können nur die Funkstellen verlangen, denen die Frequenzen früher zugeteilt wurden. Ein sekundärer Funkdienst ist ein Funkdienst, dessen Funkstellen weder Störungen bei den Funkstellen eines primären Funkdienstes verursachen dürfen noch Schutz vor Störungen durch solche Funkstellen verlangen können. Dies ist unabhängig davon, wann die Frequenzzuteilung an Funkstellen des primären Funkdienstes erfolgt. Schutz vor Störungen durch Funkstellen des gleichen oder eines anderen sekundären Funkdienstes kann die Funkstelle verlangen, der die Frequenz früher zugeteilt wurde.

(4) In den Frequenzbereichen gemäß Buchstabe A gelten die Regelungen des Frequenzplans und zusätzlich die besonderen Nutzungsbestimmungen nach den Buchstaben A und B.

A Tabellarische Übersicht

Lfd. Nr.	Frequenzbereiche	Status[1]	Zulässige Frequenzbereiche und maximale Leistung[2] für Inhaber einer Zulassung zum Amateurfunkdienst mit Berechtigungsumfang der			Zusätzliche Nutzungsbestimmungen gemäß B
			Klasse A	Klasse E	Klasse N	
1	2	3	4	5	6	7
1	135,7 – 137,8 kHz	S	1 W ERP			1 2 10
2	472 – 479 kHz	S	1 W ERP			1
3	1 810 – 1 850 kHz	P	750 W PEP	100 W PEP		3
4	1 850 – 1 890 kHz	S	75 W PEP	75 W PEP		3 10 12 15
5	1 890 – 2 000 kHz	S	10 W PEP	10 W PEP		3 10 15
6	3 500 – 3 800 kHz	P	750 W PEP	100 W PEP		3
7	5 351,5 – 5 366,5 kHz	S	9,14 W ERP			3
8	7 000 – 7 200 kHz	P	750 W PEP			3 13
9	10 100 – 10 150 kHz	S	150 W PEP			1 10 12
10	14 000 – 14 350 kHz	P	750 W PEP			3 13
11	18 068 – 18 168 kHz	P	750 W PEP			3 13
12	21 000 – 21 450 kHz	P	750 W PEP	100 W PEP		3 13
13	24 890 – 24 990 kHz	P	750 W PEP			3 13
14	28 – 29,7 MHz	P	750 W PEP	100 W PEP	10 W ERP	4 13
15	50 – 50,4 MHz	S	750 W PEP			5 16
16	50,4 – 52 MHz	S	25 W PEP			5 16
17	144 – 146 MHz	P	750 W PEP	75 W PEP	6,1 W ERP	6 13
18	430 – 440 MHz	P	750 W PEP	75 W PEP	6,1 W ERP	7 13
19	1 240 – 1 250 MHz	S	750 W PEP	75 W PEP		8 11 17
20	1 250 – 1 260 MHz	S	750 W PEP	75 W PEP		8 11 17
21	1 260 – 1 300 MHz	S	750 W PEP	75 W PEP		8 11 13 17
22	2 320 – 2 400 MHz	S	75 W PEP	5 W PEP		9 17
23	2 400 – 2 450 MHz	S	75 W PEP	5 W PEP		9 13 17
24	3 400 – 3 475 MHz	S	75 W PEP	5 W PEP		9 17
25	5 650 – 5 670 MHz	S	75 W PEP	5 W PEP		9 13 17
26	5 670 – 5 725 MHz	S	75 W PEP	5 W PEP		9 17
27	5 725 – 5 755 MHz	S	75 W PEP	5 W PEP		9 17
28	5 755 – 5 830 MHz	S	75 W PEP	5 W PEP		9 17
29	5 830 – 5 850 MHz	S	75 W PEP	5 W PEP		9 17
30	10 – 10,4 GHz	S	75 W PEP	5 W PEP		9 17
31	10,4 – 10,45 GHz	S	75 W PEP	5 W PEP		9 17
32	10,45 – 10,5 GHz	S	75 W PEP	5 W PEP		9 13 17
33	24 – 24,05 GHz	P	75 W PEP	5 W PEP		13 17
34	24,05 – 24,25 GHz	S	75 W PEP	5 W PEP		9 17
35	47 – 47,2 GHz	P	75 W PEP	5 W PEP		13 17
36	76 – 77,5 GHz	S	75 W PEP	5 W PEP		9 13 17
37	77,5 – 78 GHz	S	75 W PEP	5 W PEP		9 13 17
38	78 – 79 GHz	S	75 W PEP	5 W PEP		9 13 17
39	79 – 81 GHz	S	75 W PEP	5 W PEP		9 13 17
40	122,25 – 123 GHz	S	75 W PEP	5 W PEP		9 17
41	134 – 136 GHz	P	75 W PEP	5 W PEP		9 13 17
42	136 – 141 GHz	S	75 W PEP	5 W PEP		9 13 17
43	241 – 248 GHz	S	75 W PEP	5 W PEP		13 17
44	248 – 250 GHz	P	75 W PEP	5 W PEP		13 17
45	> 275 GHz	–	–	–		14 17

[1] P: Amateurfunkdienst ist primärer Funkdienst, S: Amateurfunkdienst ist sekundärer Funkdienst gemäß Frequenzverordnung vom 27. August 2013 (BGBl. I S. 3326), die zuletzt durch Artikel 1 der Verordnung vom 3. Juni 2021 (BGBl. I S. 1372) geändert worden ist. Die mit „P“ gekennzeichneten Frequenzbereiche können gleichzeitig auch anderen primären Funkdiensten zugewiesen sein.

[2] PEP: Spitzenleistung (§ 2 Nr. 7); ERP: effektive Strahlungsleistung (§ 2 Nr. 8)

B Zusätzliche Nutzungsbestimmungen

1. Maximal zulässige belegte Bandbreite einer Amateurfunk-Aussendung: 800 Hz.
2. Die Betriebsorte sind bei der Bundesnetzagentur schriftlich oder elektronisch anzuzeigen. Die Sendeantenne ist gegenüber anderen Anlagen ausreichend zu entkoppeln. Werden Störungen bei Primärfunkdiensten auch in benachbarten Frequenzbereichen verursacht, ist der Betrieb einzustellen.
3. Maximal zulässige belegte Bandbreite einer Amateurfunk-Aussendung: 2,7 kHz.
4. Maximal zulässige belegte Bandbreite einer Amateurfunk-Aussendung unterhalb 29 MHz: 7 kHz, oberhalb 29 MHz: 40 kHz.
5. Amateurfunk-Aussendungen dürfen weder schädliche Störungen beim Rundfunkempfang verursachen noch Schutz vor Aussendungen des Rundfunkdienstes beanspruchen. Amateurfunk-Aussendungen im Frequenzband 50 – 52 MHz dürfen keine funktechnischen Störungen an Windprofilmessradaren verursachen. Sie können keinen Schutz vor Aussendungen dieser Radargeräte beanspruchen. Es sind ausschließlich Aussendungen mit horizontaler Polarisation zulässig. Die Nutzung ist auf ortsfeste Amateurfunkstellen beschränkt. Der Inhaber einer Rufzeichenzuteilung nach § 13 für eine 50-MHz-Bake muss sicherstellen, dass die entsprechende Funkbake jederzeit auf telefonische Anforderung abgeschaltet werden kann.
6. Maximal zulässige belegte Bandbreite einer Amateurfunk-Aussendung: 40 kHz.
7. Maximal zulässige belegte Bandbreite einer Amateurfunk-Aussendung: 2 MHz; bei amplitudenmodulierten Fernsehaussendungen: 7 MHz.
8. Maximal zulässige belegte Bandbreite einer Amateurfunk-Aussendung: 2 MHz; bei amplitudenmodulierten oder digitalen Fernsehaussendungen: 7 MHz und bei frequenzmodulierten Fernsehaussendungen: 18 MHz.
9. Maximal zulässige belegte Bandbreite einer Amateurfunk-Aussendung: 10 MHz; bei Fernsehaussendungen: 20 MHz.
10. Der Betrieb von fernbedienten Amateurfunkstellen mit Ausnahme von Amateurfunkstellen im Remote-Betrieb ist nicht gestattet. Amateurfunk-Wettbewerbe (Contestbetrieb) dürfen in diesem Frequenzbereich nicht durchgeführt werden.
11. Im Teilbereich von 1 247 – 1 263 MHz ist die abgestrahlte Leistung auf maximal 3,05 Watt ERP beschränkt. Der Betrieb von fernbedienten und automatisch arbeitenden Amateurfunkstellen ist in diesem Bereich nicht zulässig.
12. Maximal zulässige Strahlungsleistung für automatisch arbeitende Amateurfunkstellen: 50 Watt ERP.
13. Die Frequenzbereiche 7 000 – 7 100 kHz, 14 000 – 14 250 kHz, 18 068 – 18 168 kHz, 21 000 – 21 450 kHz, 24 890 – 24 990 kHz, 28 – 29,7 MHz, 144 – 146 MHz, 24 – 24,05 GHz, 47 – 47,2 GHz, 134 – 136 GHz und 248 – 250 GHz können auch für den Amateurfunkdienst über Satelliten genutzt werden; der Amateurfunkdienst über Satelliten ist dabei primärer Funkdienst.

    Die Frequenzbereiche 435 – 438 MHz, 1 260 – 1 270 MHz, 2 400 – 2 450 MHz, 5 650 – 5 670 MHz, 5 830 – 5 850 MHz, 10,45 – 10,50 GHz, 76 – 81 GHz, 136 – 141 GHz und 241 – 248 GHz können auch für Amateurfunkdienst über Satelliten genutzt werden; der Amateurfunkdienst über Satelliten ist dabei sekundärer Funkdienst.

    In den Frequenzbereichen 435 – 438 MHz, 1 260 – 1 270 MHz, 2 400 – 2 450 MHz und 5 650 – 5 670 MHz sind andere sekundäre Funkdienste gegenüber dem Amateurfunkdienst über Satelliten bevorrechtigt. Weltraumfunkstellen des Amateurfunkdienstes über Satelliten, die in diesen Frequenzbereichen arbeiten, müssen über geeignete Vorrichtungen verfügen, die es im Fall von Störungen erlauben, die Amateurfunk-Aussendungen dieser Weltraumfunkstellen zu steuern, damit Störungen bei anderen Funkdiensten in diesen Frequenzbereichen sofort beseitigt werden können.

    Die Nutzung der Frequenzbereiche 1 260 – 1 270 MHz und 5 650 – 5 670 MHz ist auf die Senderichtung Erde – Weltraum und im Frequenzbereich 5 830 – 5 850 MHz auf die Senderichtung Weltraum – Erde beschränkt.
14. Die Frequenzbereiche 444 – 453 GHz, 510 – 546 GHz, 711 – 730 GHz, 909 – 926 GHz, 945 – 951 GHz und Frequenzen oberhalb von 956 GHz können durch den Amateurfunkdienst genutzt werden. Amateurfunkstellen können keinen Schutz vor Störungen durch andere Frequenznutzungen beanspruchen. Die Nutzungsbedingungen legt die Bundesnetzagentur fest und veröffentlicht sie in ihrem Amtsblatt.
15. Abweichend von den besonderen Nutzungsbestimmungen ist an Wochenenden bei Nutzung der Frequenzbereiche 1 850 – 1 890 kHz und 1 890 – 2 000 kHz die Verwendung einer Sendeleistung von maximal 750 Watt PEP durch Inhaber einer Zulassung zur Teilnahme am Amateurfunkdienst mit dem Berechtigungsumfang der Klasse A und die Verwendung einer Sendeleistung von maximal 100 Watt PEP durch Inhaber einer Zulassung zur Teilnahme am Amateurfunkdienst der Klasse E zugelassen. An Wochenenden dürfen abweichend von der zusätzlichen Nutzungsbestimmung Nummer 10 Amateurfunk-Wettbewerbe (Contestbetrieb) durchgeführt werden.
16. Maximal zulässige belegte Bandbreite einer Amateurfunk-Aussendung: 12 kHz.
17. Linkstrecken fernbedienter oder automatisch arbeitender Amateurfunkstellen können in besonders begründeten Fällen mit einer Strahlungsleistung von bis zu 1 000 W ERP betrieben werden.“

Auszug aus der Amtsblatt-Verfügung 61/2024 (Amtsblatt 11/2024 vom 12.06.2024, S. 708 ff.)

Rufzeichenplan für den Amateurfunkdienst in Deutschland

Die Verfügung Nr. 53/2024 (Amtsblatt 8/2024 vom 24.4.2024, Seite 392 ff.) wird aufgehoben und durch diese Verfügung ersetzt.

Gemäß § 10 Absatz 3 der Dritten Verordnung zur Änderung der Amateurfunkverordnung zum Gesetz über den Amateurfunk (Amateurfunkverordnung - AFuV) vom 27.05.2024 (2024 BGBl. 2024 I Nr. 175 vom 04.06.2024) veröffentlicht die Bundesnetzagentur hiermit den ab 24.06.2024 gültigen Rufzeichenplan für den Amateurfunkdienst in Deutschland.

Die Rufzeichen werden gemäß dem Amateurfunkgesetz (AFuG) und der Amateurfunkverordnung (AFuV) entsprechend diesem Rufzeichenplan zugeteilt.

Deutsche Amateurfunkrufzeichen bestehen aus einem 2-buchstabigen Präfix (DA - DR ohne DE und DI), einer Ziffer (0-9) und einem meist 2- oder 3-buchstabigen Suffix.

Bei der Rufzeichenbildung werden die Ziffern 0-9 und die 26 Buchstaben des Alphabets (ohne Ä, Ö, Ü und ß) verwendet.

Für Klubstationen gemäß § 2 Nr. 3 AFuV gibt es auch Klubstationsrufzeichen mit 1-buchstabigen oder 4- bis 7-stelligen Suffixen gemäß den Nr. 0 bis 4. Für Kurzzeitzulassungen ausländischer Funkamateure werden Rufzeichen gemäß Nr. 5 verwendet.

1. Rufzeichen mit 2- oder 3-buchstabigen Suffixen

Rufzeichen mit einem 2- oder 3-buchstabigen Suffix werden gemäß der nachfolgenden Tabelle zugeteilt. Soweit nicht anders angegeben, ist die Rufzeichenreihe mit den Suffixen AA bis ZZZ betroffen. Die Rufzeichenreihe DP ist für Rufzeichen mit exterritorialem Standort vorgesehen. Für Angehörige der Gaststreitkräfte werden keine speziellen Rufzeichenreihen vorgesehen.

Rufzeichenreihe	Verwendungszweck	Klasse
DAØ	KS	A
DA1	PZ	A
DA2	PZ	A
DA4	SZ	E
DA5	SZ	A
DA6	PZ	E
DA7	KS	E
DA8	KS	N
DBØ	RL / FB, *(KS auslaufend)*	A
DB1 – DB9	PZ	A
DCØ – DC9	PZ, *(KS auslaufend)*	A
DDØ – DD9	PZ, *(KS auslaufend)*	A
DFØ	KS, *(RL / FB auslaufend)*	A
DF1 – DF9	PZ	A
DGØ – DG9	PZ, *(KS auslaufend)*	A
DHØ – DH9	PZ, *(KS auslaufend)*	A
DJØ – DJ9	PZ	A
DKØ	KS, *(RL / FB auslaufend)*	A
DK1 – DK9	PZ	A
DLØ	KS, *(RL / FB auslaufend)*	A
DL1 – DL9	PZ	A
DMØ	RL / FB	A
DM1 – DM9	PZ	A
DNØ	KS *(auslaufend)*	E
DN1 – DN6	AB *(auslaufend)*	A
DN7 – DN8	AB *(auslaufend)*	E
DN9	PZ	N
DOØ	RL / FB, *(KS auslaufend)*	E
DO1 – DO9	PZ	E
DPØ – DP1	KS, RL / FB, SZ	A
DP2	KS, RL / FB, SZ	E
DP8	KS, RL / FB, SZ	N
DR1	KSB	A
DR2	KSB	E
DR3	KSB	N
DR4	KSO	A
DR5	KSO	E
DR6	KSO	N

Abkürzungen:
PZ = Personengebundene Rufzeichenzuteilung(en) gemäß § 3 Abs. 1 und Abs. 3 Nr. 1 AFuG
KS = Rufzeichenzuteilungen für Klubstationen
RL = Rufzeichenzuteilungen für Relaisfunkstellen
FB = Rufzeichenzuteilungen für Funkbaken
SZ = Rufzeichenzuteilungen für besondere experimentelle Studien nach § 16 Absatz 2 AfuV
AB = Ausbildungsrufzeichen gültig bis 31.12.2028, Neuzuteilungen nur bis zum 23.06.2025
KSB = Klubstationsrufzeichen für Angehörige der Berechtigten, die nach der Digitalfunkrichtlinie BOS oder der Funkrichtlinie Funkanwendungen BOS (BOS-Funkrichtlinie) als BOS-Berechtigte anerkannt sind
KSO = Klubstationsrufzeichen für Notfunkgruppen privatrechtlicher Organisationen

2. Rufzeichen mit 1-buchstabigen Suffixen für Klubstationen

Soweit nicht anders angegeben, ist die Rufzeichenreihe den Suffixen A bis Z betroffen

Rufzeichenreihe	Verwendungszweck	Klasse
DAØ	KS	A
DA1	KS	A
DA2 – DA3	KS	A
DA4	SZ *(als Klubstationen)*	E
DA5	SZ *(als Klubstationen)*	A
DA6	KS	E
DA7	KS	E
DA8	KS	N
DA9	KS	E
DBØ – DD9	KS	A
DFØ – DH9	KS	A
DJØ – DM9	KS	A
DNØ	KS	E
DOØ – DO9	KS	E
DPØ – DP1	KS *(mit exterritorialem Standort)*	A
DP2	KS *(mit exterritorialem Standort)*	E
DP3 – DP7	KS	A
DP8	KS *(mit exterritorialem Standort)*	N
DP9	KS	A
DQØ – DR9	KS	A

Abkürzungen wie bei Nr. 1

3. Rufzeichen mit 4- bis 7-stelligen Suffixen für Klubstationen

Bei zulässigen besonderen allgemeinen Anlässen können entsprechend der Tabelle in Nr. 0 auch Klubstationsrufzeichen befristet zugeteilt werden, die anstelle des 1-buchstabigen Suffixes ein aus 4 bis 7 Zeichen bestehendes Suffix haben. Das letzte Zeichen im Suffix muss immer ein Buchstabe sein. Zeichen sind dabei die Ziffern und Buchstaben gemäß Nr. 9.

Zulässige besondere allgemeine Anlässe sind ausschließlich:

a) Ereignisse mit Bezug zum Amateurfunk, Jubiläumsveranstaltungen von Amateurfunkvereinen und -verbänden, Amateurfunkmessen

b) Ein geplantes Treffen von Funkamateuren, bei dem mindestens eine Amateurfunkstelle auf freiem Gelände errichtet wird (sog. Fieldday)

c) Ein Wettbewerb mit mindestens drei Funkamateuren

d) Eine öffentliche Veranstaltung mit Bezug zu aktuellen oder historischen sportlichen, kulturellen, künstlerischen, technischen, literarischen Ereignissen oder Persönlichkeiten mit überregionaler, nationaler oder internationaler Bedeutung, die durch eine Amateurfunkstelle begleitet wird

e) Aktionen zur Nachwuchsförderung für Funkamateure die glaubhaft dargelegt werden kann, dass Funkbetrieb in ausreichendem Umfang und durch mehrere Funkamateure durchgeführt werden soll.

Für Anlässe, die geeignet sind, gegen die guten Sitten zu verstoßen oder das friedliche Zusammenleben der Gesellschaft, der Völker und Konfessionen nachhaltig zu stören und zu beschädigen, wird kein Rufzeichen erteilt. Suffixe, die in einem engeren Sinn in einen politischen Zusammenhang gebracht werden können oder vordergründig kommerziellem Interesse dienen, werden nicht zugeteilt.

Die Befristung des Sonderrufzeichens ist abhängig von der Zeitspanne für die das Rufzeichen benötigt wird, längstens jedoch ein Jahr (vgl. Nr. 8). Die besonderen Anlässe bzw. Aktivitäten entsprechend der vorgenannten Bedingungen a – e sowie die gewünschte Zeitspanne sind detailliert im Antrag anzugeben.

4. Klubstationsrufzeichen für Angehörige der öffentlichen Not-, Katastrophenschutz- und Rettungsdienste sowie für Notfunkgruppen

Die Rufzeichenreihen DR1AA bis DR3ZZZ sind ausschließlich für Angehörige der Berechtigten, die nach der Digitalfunkrichtlinie BOS oder der Funkrichtlinie Funkanwendungen BOS (BOS-Funkrichtlinie) als BOS-Berechtigte anerkannt sind. Ein geeigneter Nachweis ist bei der Antragsstellung zu erbringen.

Die Rufzeichenreihen DR4AA bis DR6ZZZ sind ausschließlich für Klubstationen von Notfunkgruppen privatrechtlicher Organisationen vorgesehen. Ein geeigneter Nachweis über die Zugehörigkeit zu einer Notfunkgruppe ist bei der Antragsstellung zu erbringen.

Die Kenntlichmachung gilt nur für den Funkverkehr zwischen Funkamateuren in Not- und Katastrophenfällen. Die Klubstationen müssen uneingeschränkt sämtliche amateurfunkrechtlichen Vorgaben erfüllen. Ob die Nutzung des Amateurfunkdienstes in Not- und Katastrophenfällen mit den Besonderheiten des jeweiligen Dienstes zu vereinbaren ist, ist nicht Gegenstand der Zuteilung dieser Klubstationsrufzeichen. Die Entscheidung obliegt jedem Antragssteller in eigener Verantwortung unter Beachtung der für den jeweiligen Dienst geltenden Regelungen.

5. Kurzzeitzulassungen für ausländische Funkamateure

Rufzeichen für Kurzzeitzulassungen für ausländische Funkamateure ohne Wohnsitz in Deutschland bestehen aus dem Heimatrufzeichen mit vorangestellten „DL/“ bei Klasse A und vorangestelltem „DO/“ bei Klasse E.

6. Kennungen zum Betrieb von leistungsschwachen Sendern

Zulässige Kennungen zum Betrieb von leistungsschwachen Amateurfunksendern zu Peilzwecken gemäß § 11 Abs. 2 AFuV sind: MO, MOE, MOI, MOS, MOH sowie MO5.

7. Nicht zulässige Rufzeichen

Rufzeichen, die im Widerspruch zu § 2 Nr. 1 oder 2 AFuG stehen oder irreführend sein könnten, werden nicht vergeben. Hierzu zählen beispielsweise Rufzeichen, die international festgelegte Not-, Dringlichkeits- oder Sicherheitszeichen (SOS, XXX, TTT, YYY, DDD, JJJ, MAYDAY, PAN) oder Q-Gruppen (QOA bis QUZ) beinhalten.

Ferner werden Rufzeichen mit Suffixen, die mit verfassungswidrigen Organisationen in Verbindung gebracht werden oder gegen die guten Sitten verstoßen, nicht vergeben.

8. Befristung von Rufzeichenzuteilungen

Rufzeichenzuteilungen können nach § 10 Abs. 2 Satz 2 AFuV befristet werden. Unbeschadet dieser Regelung werden die folgenden Rufzeichenzuteilungen befristet erteilt:

Rufzeichenzuteilung	Befristung
RL, FB und SZ	bis zu 5 Jahren
KS mit 1-buchstabigem Suffix	bis zu 5 Jahren
KS mit 4- bis 7-stelligem Suffix	max. 1 Jahr (nicht verlängerbar)
Rufzeichenzuteilungen für Gaststreitkräfte	bis zu 5 Jahren
PZ für Kurzzeitzulassungen für ausländische Funkamateure ohne Wohnsitz in Deutschland	3 Monate
Rufzeichenzuteilungen für nichtdeutsche Staatsangehörige (außer EU- und EWR-Bürgern) mit Wohnsitz in Deutschland	maximal bis zum Ende der Gültigkeitsdauer der Aufenthaltserlaubnis; liegt eine unbegrenzte Aufenthaltserlaubnis vor, so erfolgt die Befristung analog zu deutschen Staatsangehörigen

Abkürzungen wie bei Nr. 1.

9. International gebräuchliche Rufzeichenzusätze

International gebräuchliche Rufzeichenzusätze im Sinne von § 11 Abs. 3 AFuV, die an das Rufzeichenende angehängt werden können, sind:

a) beim Betrieb einer beweglichen Amateurfunkstelle in einem Landfahrzeug oder an Bord eines Wasserfahrzeugs auf Binnengewässern das Zeichen „/m“, bei Sprechfunkverkehr das Wort „mobil“,
b) beim Betrieb einer Amateurfunkstelle an Bord eines Wasserfahrzeuges, das sich auf See befindet, das Zeichen „/mm“, bei Sprechfunkverkehr die Wörter „maritim mobil“,
c) beim Betrieb einer Amateurfunkstelle an Bord eines Luftfahrzeugs das Zeichen „/am“, bei Sprechfunkverkehr die Wörter „aeronautisch mobil“,
d) beim Betrieb einer tragbaren oder vorübergehend ortsfest betriebenen Amateurfunkstelle das Zeichen „/p“, bei Sprechfunkverkehr das Wort „portabel“,
e) aus betrieblichen Gründen notwendige Zusätze, die vom Rufzeichen mit einem Bindestrich „-“ oder einem Schrägstrich „/“ getrennt werden.

Bezüglich der Rufzeichenzusätze für Ausbildungsfunkbetrieb und Remotebetrieb wird auf die Nr. 10 und 11 verwiesen.

Beispiel: Ein Funkamateur betreibt Ausbildungsfunkbetrieb mit einer portablen Funkstelle. In diesem Fall ist der Zusatz „/t“ vor dem Zusatz „/p“ zu verwenden also „/tp“.

10. Ausbildungsfunkbetrieb

Ausbildungsfunkbetrieb findet gemäß § 12 Abs. 3 AFuV unter Anwendung des personengebundenen Rufzeichens oder des Rufzeichens für das Betreiben einer Amateurfunkstelle als Klubstation statt.

Sofern unter Anwendung eines Rufzeichens Ausbildungsfunkbetrieb durchgeführt wird, ist das Zeichen „/T“, bei Sprechfunkverkehr das Wort „Trainee“, verpflichtend an das verwendete Rufzeichen anzufügen.

Ausbildungsrufzeichen der Rufzeichenreihe DN1AA bis DN8ZZZ werden ab dem 24.06.2025 nicht mehr zugeteilt. Zugeteilte Ausbildungsrufzeichen der vorgenannten Reihe behalten bis zum 31.12.2028 ihre Gültigkeit.

11. Remotebetrieb

Remotebetrieb findet gemäß § 13a AFuV unter Anwendung des personengebundenen Rufzeichens oder des Rufzeichens für das Betreiben einer Amateurfunkstelle als Klubstation statt.

Sofern unter Anwendung eines Rufzeichens Remotebetrieb durchgeführt wird, kann das Zeichen „/R“, bei Sprechfunkverkehr das Wort „/Remote“ an das verwendete Rufzeichen angefügt werden.

Sofern der Rufzeichenzusatz „/R“ verwendet wird, ist er an den unter Nr. 10 verpflichtend vorgeschriebenen Rufzeichenzusatz „/T“ anzufügen.

Beispiel: Ein Funkamateur betreibt Ausbildungsfunkbetrieb mit einer Remote-Funkstelle. In diesem Fall ist der verpflichtende Zusatz „/T“ vor dem freiwilligen Zusatz „/R“ zu verwenden also „/TR“.

Jens Vogt, 225-2

IARU Bandplan 2m

	Frequency Segment	Max.	Preferred Mode and Usage	
144–146 MHz	144,000–144,025 MHz	2,7 kHz	All mode	Sattelite downlink only
	144,025–144,100 MHz	500 Hz	Telegraphy	144,050 MHz Telagraphy calling 144,100 MHz Random MS
	144,100–144,150 MHz	500 Hz	MGM, Telegraphy	144,110–144,160 MHz CW and MGM EME
	144,150–144,400 MHz	2,7 kHz	MGM, Telegraphy, SSB	144,195–144,205 MHz Random MS SSB 144,300 MHz SSB Centre of activity
	144,400–144,490 MHz	500 Hz	MGM, Telegraphy	Beacons exclusive
	144,491–144,493 MHz	500 Hz	MGM	Experimental MGM, Personal weak signal MGM Beacons
	144,500–144,794 MHz	20 kHz	All mode	144,500 MHz Image mode centre (SSTV, Fax,...) 144,600 MHz Data Centre of activity (MGM, RTTY,..) 144,750 MHz ATV Talk back
	144,794–144,9625 MHz	12 kHz	MGM Digital Communication	144,8000 MHz APRS 144,8125 MHz DV internet voice gateway 144,8250 MHz DV internet voice gateway 144,8375 MHz DV internet voice gateway 144,8500 MHz DV internet voice gateway 144,8625 MHz DV internet voice gateway
	144,975–145,194 MHz	12 kHz	FM/Digital Voice	Repeater input exclusive
	145,194–145,206 MHz	12 kHz	FM/Digital Voice	Space Communication
	145,206–145,5625 MHz	12 kHz	FM/Digital Voice	145,2375 MHz FM Internet Voice Gateway 145,2875 MHz FM Internet Voice Gateway 145,3375 MHz FM Internet Vocie Gateway 145,3750 MHz digital voice calling 145,5000 MHz FM calling
	145,575–145,7935 MHz	12 kHz	FM/Digital Voice	Repeater output exclusive
	145,794–145,806 MHz	12 kHz	FM/Digital Voice	Space Communication
	145,806–146,000 MHz	12 kHz	All mode	Sattelite exclusive

IARU Bandplan 70cm

	Frequency Segment	Max.	Preferred Mode and Usage	
430–440 MHz	430,000–431,975 MHz	20 kHz	All mode	430,025–430,375 MHz FM repeater output (1,6 MHz shift) 430,400–430,575 MHz digital communications 430,600–430,925 MHz digital communications repeater channels 430,925–431,025 MHz multimode channels 431,050–431,825 MHz Repeater input channel freqs 7,6 MHz shift 431,625–431,975 MHz Repeater input channels (1,6 MHz shift)
	432,000–432,100 MHz	500 Hz	MGM, Telegraphy	432,050 MHz Telegraphy Centre of activity
	432,100–432,400 MHz	2,7 kHz	MGM, Telegraphy, SSB	432,200 MHz SSB centre of activity 432,350 MHz Microwave talkback centre of acitivity 432,370 MHz Meteo Scatter centre of activity
	432,400–432,490 MHz	500 Hz	MGM, Telegraphy	Beacons Exclusive
	432,191–432,193 MHz	500 Hz	EMGM	Experimental MGM
	432,500–432,975 MHz	12 kHz	All mode	432,500 MHz New APRS frequency 432,600–432,9875 Repeater Input Region 1 Standard, 25 kHz spacing, 2 MHz shift (Channel freq 432,600–432,975 MHz)
	433,000–433,375 MHz	12 kHz	FM, Digital Voice Repeaters	Repeater Input Region 1 Standard, 25 kHz spacing, 1,6 MHz shift
	433,400–433,575 MHz	12 kHz	FM, Digital Voice	433,400 MHz SSTV (FM/AFSK) 433,450 MHz Digital Voice calling 433,500 MHz FM calling
	433,600–434,000 MHz	none	All mode	433,625–433,775 MHz Digital communications channels 434,000 MHz Centre frequency of digital experiments
	434,000–434,594 MHz	12 kHz	All mode, ATV	434,450–434,575 MHz Digital communications channels
	434,594–434,981 MHz	12 kHz	All mode	434,600–434,9875 MHz Repeater Output (12,5 kHz spacing 1,6 MHz or 2 MHz shift)
	435,000–436,000 MHz	none	Sattelite service	
	436,000–438,000 MHz	none	Sattelite service, DATV/data	DATV/data centre of activity
	438,000–440,000 MHz	none	All mode	438,025–438,175 MHz Digital communication channels 438,200–438,525 MHz Digital communication repeater channels 438,550–438,625 MHz Multi mode 438,650–439,425 MHz Repeater output channels (7,6 MHz shift) 439,800–439,975 MHz Digital communication link channels

Formelsammlung

Zehnerpotenz			Symbol	Präfix
10^{-12}	=	0,000 000 000 001	p	Piko
10^{-9}	=	0,000 000 001	n	Nano
10^{-6}	=	0,000 001	µ	Mikro
10^{-3}	=	0,001	m	Milli
10^{-2}	=	0,01	c	Zenti
10^{-1}	=	0,1	d	Dezi
10^{0}	=	1	–	–
10^{1}	=	10	da	Deka
10^{2}	=	100	h	Hekto
10^{3}	=	1000	k	Kilo
10^{6}	=	1 000 000	M	Mega
10^{9}	=	1 000 000 000	G	Giga
10^{12}	=	1 000 000 000 000	T	Tera

Zweierpotenzen			Bit
2^{0}	=	1	0
2^{1}	=	2	1
2^{2}	=	4	2
2^{3}	=	8	3
2^{4}	=	16	4
2^{5}	=	32	5
2^{6}	=	64	6
2^{7}	=	128	7
2^{8}	=	256	8
2^{9}	=	512	9
2^{10}	=	1024	10
2^{11}	=	2048	11
2^{12}	=	4096	12

Widerstände

Ohmsches Gesetz

$$U = R \cdot I \qquad R = \frac{U}{I} \qquad I = \frac{U}{R}$$

Innenwiderstand

$$R_i = \frac{\Delta U}{\Delta I}$$

Widerstand von Drähten

$$R = \frac{\rho \cdot l}{A_{Dr}} \qquad A_{Dr} = \frac{d^2 \cdot \pi}{4} = r^2 \cdot \pi$$

l : Drahtlänge
A_{Dr} : Drahtquerschnitt
ρ : Spezifischer Widerstand in $\Omega mm^2/m$
(Tabelle am Ende der Formelsammlung)

Farbe	Wert	Multiplikator			
Silber	–	10^{-2}	=	0,01	±10 %
Gold	–	10^{-1}	=	0,1	±5 %
Schwarz	0	10^{0}	=	1	–
Braun	1	10^{1}	=	10	±1 %
Rot	2	10^{2}	=	100	±2 %
Orange	3	10^{3}	=	1000	–
Gelb	4	10^{4}	=	10 000	–
Grün	5	10^{5}	=	100 000	±0,5 %
Blau	6	10^{6}	=	1 000 000	±0,25 %
Violett	7	10^{7}	=	10 000 000	±0,1 %
Grau	8	10^{8}	=	100 000 000	–
Weiß	9	10^{9}	=	1 000 000 000	–
Keine	–			–	±20 %

Widerstände in Reihenschaltung

$$R_G = R_1 + R_2 + R_3 + \ldots + R_N$$

Bei 2 Widerständen gilt

$$R_G = R_1 + R_2$$

Widerstände in Parallelschaltung

$$\frac{1}{R_G} = \frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2} + \frac{1}{R_3} + \ldots + \frac{1}{R_N}$$

Bei 2 Widerständen gilt

$$R_G = \frac{R_1 \cdot R_2}{R_1 + R_2}$$

Spannungsteiler (unbelastet)

$$U_G = U_1 + U_2 \qquad \frac{U_1}{U_2} = \frac{R_1}{R_2} \qquad \frac{U_2}{U_G} = \frac{R_2}{R_1 + R_2}$$

Stromteiler

$$I_G = I_1 + I_2 \qquad \frac{I_2}{I_1} = \frac{R_1}{R_2}$$

Vorzugsreihen für die Nennwerte von Widerständen und Kondensatoren

Reihe	Toleranz	Werte																					
E6	20%	1				1,5				2,2				3,3				4,7				6,8			
E12	10%	1		1,2		1,5		1,8		2,2		2,7		3,3		3,9		4,7		5,6		6,8		8,2	
E24	5%	1	1,1	1,2	1,3	1,5	1,6	1,8	2	2,2	2,4	2,7	3	3,3	3,6	3,9	4,3	4,7	5,1	5,6	6,2	6,8	7,5	8,2	9,1

Leistung

$$P = U \cdot I = \frac{U^2}{R} = I^2 \cdot R$$

$$U = \frac{P}{I} = \sqrt{P \cdot R}$$

$$I = \frac{P}{U} = \sqrt{\frac{P}{R}}$$

Arbeit/Energie

$$W = P \cdot t$$

Wirkungsgrad

$$\eta = \frac{P_{ab}}{P_{zu}} = \frac{P_{ab}}{P_{zu}} \cdot 100\,\% \qquad P_{ab} = P_{zu} - P_V$$

Wechselspannung

Effektiv- und Spitzenwerte bei Sinusförmiger Wechselspannung

$$\hat{U} = U_{eff} \cdot \sqrt{2} \qquad U_{SS} = 2 \cdot \hat{U}$$

Periodendauer

$$T = \frac{1}{f} \qquad f = \frac{1}{T}$$

Kreisfrequenz

$$\omega = 2 \cdot \pi \cdot f$$

Scheinwiderstand

$$Z = \sqrt{R^2 + X^2}$$

Z: Scheinwiderstand
X: Blindwiderstand

Induktivität/Spule

Induktiver Blindwiderstand

$$X_\mathrm{L} = \omega \cdot L$$

Induktivitäten in Reihenschaltung

$$L_\mathrm{G} = L_1 + L_2 + L_3 + \ldots + L_\mathrm{N}$$

Induktivitäten in Parallelschaltung

$$\frac{1}{L_\mathrm{G}} = \frac{1}{L_1} + \frac{1}{L_2} + \frac{1}{L_3} + \ldots + \frac{1}{L_\mathrm{N}}$$

Induktivität der Ringspule

$$L = \frac{\mu_0 \cdot \mu_\mathrm{r} \cdot N^2 \cdot A_\mathrm{S}}{l_\mathrm{m}}$$

Induktivität einer langen Zylinderspule

$$L = \frac{\mu_0 \cdot \mu_\mathrm{r} \cdot N^2 \cdot A_\mathrm{S}}{l}$$

Induktivität von Ringkernspulen
Auch für mehrlagige Spulen

$$L = N^2 \cdot A_\mathrm{L}$$

Magnetische Feldstärke in einer Ringspule

$$H = \frac{I \cdot N}{l_\mathrm{m}}$$

Magnetische Flussdichte

$$B_\mathrm{m} = \mu_r \cdot \mu_0 \cdot H$$

Transformator/ Übertrager

Übersetzungsverhältnis

$$\ddot{u} = \frac{N_\mathrm{P}}{N_\mathrm{S}} = \frac{U_\mathrm{P}}{U_\mathrm{S}} = \frac{I_\mathrm{S}}{I_\mathrm{P}} = \sqrt{\frac{Z_\mathrm{P}}{Z_\mathrm{S}}}$$

Belastbarkeit von Wicklungen

$$I = S \cdot A_\mathrm{Dr} \text{ mit } S \approx 2{,}5 \, \frac{\mathrm{A}}{\mathrm{mm}^2}$$

Kapazität/Kondensator

Kapazitiver Blindwiderstand

$$X_\mathrm{C} = \frac{1}{\omega \cdot C}$$

Kondensatoren in Reihenschaltung

$$\frac{1}{C_\mathrm{G}} = \frac{1}{C_1} + \frac{1}{C_2} + \frac{1}{C_3} + \ldots + \frac{1}{C_\mathrm{N}}$$

Kondensatoren in Parallelschaltung

$$C_\mathrm{G} = C_1 + C_2 + C_3 + \ldots + C_\mathrm{N}$$

Elektrische Feldstärke im homogenen Feld

$$E = \frac{U}{d}$$

Kapazität eines Kondensators

$$C = \epsilon_0 \cdot \epsilon_\mathrm{r} \cdot \frac{A}{d}$$

A : Kondensatorplattenfläche
d : Plattenabstand
ϵ_r : Relative Dielektrizitätszahl
(Tabelle am Ende der Formelsammlung)

Filter

RC-Tiefpass / RC-Hochpass

$$f_g = \frac{1}{2 \cdot \pi \cdot R \cdot C}$$

RL-Tiefpass / RL-Hochpass

$$f_g = \frac{R}{2 \cdot \pi \cdot L}$$

f_g : Grenzfrequenz (Frequenz am −3 dB-Punkt)

Schwingkreis

Es gilt

$$f_0 = \frac{1}{2 \cdot \pi \cdot \sqrt{L \cdot C}}$$

Im Resonanzfall $X_C = X_L$ gilt

Reihenschwingkreis

$$B = \frac{R_s}{2 \cdot \pi \cdot L}$$

$$Q = \frac{f_0}{B} = \frac{X_L}{R_s}$$

Parallelschwingkreis

$$B = \frac{1}{2 \cdot \pi \cdot R_p \cdot C}$$

$$Q = \frac{f_0}{B} = \frac{R_p}{X_L}$$

Transistor

Für Gleichstrom gilt

$$B = \frac{I_C}{I_B} \qquad I_E = I_C + I_B$$

B : Gleichsstromverstärkung

Für Wechselstrom gilt

$$v_I = \beta = \frac{\Delta I_C}{\Delta I_B} \qquad v_U = \beta = \frac{\Delta U_{CE}}{\Delta U_{BE}} \qquad v_P = \beta^2 = v_U \cdot v_I$$

β : Wechselstromverstärkung

ZF und Spiegelfrequenzen

Um die Darstellung übersichtlich zu halten, wird der Fall $f_{ZF} = f_E + f_{OSZ}$ nicht betrachtet.

Zwischenfrequenz

$$f_{ZF} = |f_E - f_{OSZ}| = \begin{cases} f_{OSZ} - f_E & \text{wenn } f_E < f_{OSZ} \\ f_E - f_{OSZ} & \text{wenn } f_E > f_{OSZ} \end{cases}$$

f_{ZF} : Zwischenfrequenz
f_E : Eingangsfrequenz
f_{OSZ} : Oszillatorfrequenz

Spiegelfrequenz

$$f_S = 2 \cdot f_{OSZ} - f_E = \begin{cases} f_{OSZ} + f_{ZF} = f_E + 2 \cdot f_{ZF} & \text{wenn } f_E < f_{OSZ} \\ f_{OSZ} - f_{ZF} = f_E - 2 \cdot f_{ZF} & \text{wenn } f_E > f_{OSZ} \end{cases}$$

Pegel

Leistungs und Spannungspegel

$$p = 10 \cdot \log_{10}\left(\frac{P}{1\,\mathrm{mW}}\right)\mathrm{dBm}$$

$$p = 10 \cdot \log_{10}\left(\frac{P}{1\,\mathrm{W}}\right)\mathrm{dBW}$$

$$u = 20 \cdot \log_{10}\left(\frac{P}{0{,}775\,\mathrm{V}}\right)\mathrm{dBu}$$

Verstärkung/Gewinn

$$g = 10 \cdot \log_{10}\left(\frac{P_2}{P_1}\right)\mathrm{dB} \qquad g = 20 \cdot \log_{10}\left(\frac{U_2}{U_1}\right)\mathrm{dB}$$

Dämpfung/Verluste

$$a = 10 \cdot \log_{10}\left(\frac{P_1}{P_2}\right)\mathrm{dB} \qquad a = 20 \cdot \log_{10}\left(\frac{U_1}{U_2}\right)\mathrm{dB}$$

	Leistungsverhältnis	Spannungsverhältnis
−20 dB	0,01	0,1
−10 dB	0,1	0,32
−6 dB	0,25	0,5
−3 dB	0,5	0,71
−1 dB	0,79	0,89
0 dB	1	1
1 dB	1,26	1,12
3 dB	2	1,41
6 dB	4	2
10 dB	10	3,16
20 dB	100	10

P_1 : Eingangsleistung
P_2 : Ausgangsleistung
U_1 : Eingangsspannung
U_2 : Ausgangsspannung

Strahlungsleistung und Gewinn von Antennen

ERP

$$p_{\mathrm{ERP}} = p_{\mathrm{S}} - a + g_{\mathrm{d}}$$

$$P_{\mathrm{ERP}} = P_{\mathrm{S}} \cdot 10^{\frac{g_{\mathrm{d}} - a}{10\mathrm{dB}}}$$

EIRP

$$p_{\mathrm{EIRP}} = p_{\mathrm{ERP}} + 2{,}15\,\mathrm{dB}$$

$$P_{\mathrm{EIRP}} = P_{\mathrm{ERP}} \cdot 1{,}64 = P_{\mathrm{S}} \cdot 10^{\frac{g_{\mathrm{d}} - a + 2{,}15\,\mathrm{dB}}{10\mathrm{dB}}}$$

Feldstärke im Fernfeld einer Antenne

$$E = \frac{\sqrt{30\,\Omega \cdot P_{\mathrm{A}} \cdot G_{\mathrm{i}}}}{d} = \frac{\sqrt{30\,\Omega \cdot P_{\mathrm{EIRP}}}}{d}$$

Gilt für Freiraumausbreitung ab $d > \frac{\lambda}{2 \cdot \pi}$
P_{A} : Leistung an der Antenne

Gewinn von Antennen

$$G_{\mathrm{i}} = G_{\mathrm{d}} \cdot 1{,}64 \qquad g_{\mathrm{i}} = g_{\mathrm{d}} + 2{,}15\,\mathrm{dB} \qquad G = 10^{\frac{g}{10\mathrm{dB}}}$$

Halbwellendipol

$$G_{\mathrm{i}} = 1{,}64 \qquad g_{\mathrm{i}} = 2{,}15\,\mathrm{dB}$$

λ/4-Vertikalantenne mit Bodenreflexion

$$G_{\mathrm{i}} = 3{,}28 \qquad g_{\mathrm{i}} = 5{,}15\,\mathrm{dB}$$

Parabolspiegelantenne

$$g_{\mathrm{i}} = 10 \cdot \log_{10}\left[\left(\frac{\pi \cdot d}{\lambda}\right)^2 \cdot \eta\right]\,\mathrm{dB}$$

Rauschen

Thermisches Rauschen

$$P_R = k \cdot T_K \cdot B$$

$$\Delta p_R = 10 \cdot \log_{10}\left(\frac{B_1}{B_2}\right) \text{dB}$$

$$U_R = 2 \cdot \sqrt{P_R \cdot R}$$

P_R : Rauschleistung
Δp_R : Pegelunterschied der Rauschleistungen in B_1 und B_2 z. B. in dB

Signal-Rausch-Verhältnis (SNR)

$$\text{SNR} = 10 \cdot \log_{10}\left(\frac{P_S}{P_N}\right) \text{dB} = 20 \cdot \log_{10}\left(\frac{U_S}{U_N}\right) \text{dB}$$

Rauschzahl

$$F = \frac{\left(\frac{P_S}{P_N}\right)_{\text{Eingang}}}{\left(\frac{P_S}{P_N}\right)_{\text{Ausgang}}}$$

$$a_F = 10 \cdot \log_{10}(F)$$

$$a_F = \text{SNR}_{\text{Eingang}} - \text{SNR}_{\text{Ausgang}}$$

P_S : Signalleistung
U_N : Rauschspannung
P_N : Rauschleistung
U_S : Signalspannung
C : Maximale Datenübertragungsrate
B : Bandbreite in Hz

Shannon-Hartley-Gesetz für AWGN-Kanal

$$C = \frac{B}{1\,\text{Hz}} \cdot \log_2\left(1 + \frac{P_S}{P_N}\right) \frac{\text{bit}}{\text{s}}$$

Logarithmus zur Basis 2

$$\log_2(x) = \frac{\log_{10}(x)}{\log_{10}(2)}$$

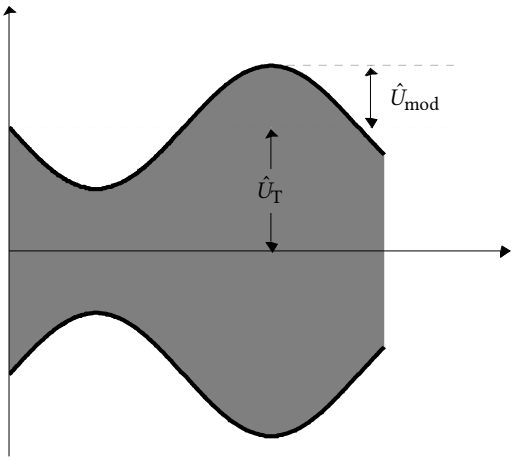
Amplitudenmodulation

Modulationsgrad

$$m = \frac{\hat{U}_{\text{mod}}}{\hat{U}_T}$$

Bandbreite

$$B = 2 \cdot f_{\text{mod max}}$$



Frequenzmodulation

Modulationsindex

$$m = \frac{\Delta f_T}{f_{\text{mod}}}$$

Δf_T : Frequenzhub

Carson-Bandbreite

$$B \approx 2 \cdot (\Delta f_T + f_{\text{mod max}})$$

Ungefähre FM-Bandbreite B enthält etwa 99 % der Gesamtleistung des Signals

Wellenlänge und Frequenz

Lichtgeschwindigkeit

$$c = f \cdot \lambda \qquad f = \frac{c}{\lambda} \qquad \lambda = \frac{c}{f}$$

Im Freiraum gilt

$$c = c_0 \approx 3 \cdot 10^8 \,\frac{\mathrm{m}}{\mathrm{s}} \approx 300\,000\,000 \,\frac{\mathrm{m}}{\mathrm{s}}$$

$$f[\mathrm{MHz}] \approx \frac{300}{\lambda[\mathrm{m}]} \qquad \lambda[\mathrm{m}] \approx \frac{300}{f[\mathrm{MHz}]}$$

Verkürzungsfaktor von HF-Leitungen

$$k_\mathrm{v} = \frac{l_\mathrm{G}}{l_\mathrm{E}} = \frac{1}{\sqrt{\epsilon_\mathrm{r}}} = \frac{c}{c_0}$$

l_G : mechanische Länge
l_E : elektrische Länge

Reflexion

Stehwellenverhältnis (SWR, SWV, VSWR)

$$s = \frac{U_\mathrm{max}}{U_\mathrm{min}} = \frac{U_\mathrm{v} + U_\mathrm{r}}{U_\mathrm{v} - U_\mathrm{r}} = \frac{\sqrt{P_\mathrm{v}} + \sqrt{P_\mathrm{r}}}{\sqrt{P_\mathrm{v}} - \sqrt{P_\mathrm{r}}} = \frac{1 + |r|}{1 - |r|}$$

$s = \frac{R_2}{Z}$ wenn $R_2 > Z$ und $s = \frac{Z}{R_2}$ wenn $R_2 < Z$

Reflexionsfaktor

$$|r| = \frac{s-1}{s+1} = \left|\frac{R_2 - Z}{R_2 + Z}\right| = \frac{|U_\mathrm{r}|}{|U_\mathrm{v}|} = \sqrt{\frac{P_\mathrm{r}}{P_\mathrm{v}}}$$

Rücklaufende Leistung

$$P_\mathrm{r} = P_\mathrm{v} \cdot |r|^2$$

An R_2 abgegebene Leistung

$$P_\mathrm{ab} = P_\mathrm{v} \cdot \left(1 - |r|^2\right)$$

U_v : Spannung der hinlaufenden Welle
U_r : Spannung der rücklaufenden Welle
Z : Wellenwiderstand der HF-Leitung
R_2 : reeller Abschlusswiderstand der HF-Leitung
P_v : vorlaufende Leistung
P_r : rücklaufende (reflektierte) Leistung
P_ab : Leistung an R_2

Wellenwiderstand

HF-Leitungen

$$Z = \sqrt{\frac{L'}{C'}}$$

Koaxiale Leitungen

$$Z = \frac{60\,\Omega}{\sqrt{\epsilon_\mathrm{r}}} \cdot \ln\left(\frac{D}{d}\right)$$

D : Innendurchmesser Außenleiter
d : Durchmesser des Innenleiters

Symmetrische Zweidrahtleitungen ($a/d > 2{,}5$)

$$Z = \frac{120\,\Omega}{\sqrt{\epsilon_\mathrm{r}}} \cdot \ln\left(\frac{2 \cdot a}{d}\right)$$

a : Mittenabstand der Leiter
d : Durchmesser der Leiter

Viertelwellentransformator

$$Z = \sqrt{Z_\mathrm{E} \cdot Z_\mathrm{A}}$$

Z : erforderlicher Wellenwiderstand einer λ/4-Transformationsleitung

Weitere Formeln

Höchste brauchbare Frequenz

$$\mathrm{MUF} \approx \frac{f_c}{\sin(\alpha)} \qquad f_{opt} = \mathrm{MUF} \cdot 0{,}85$$

f_{opt} : Optimale Arbeitsfrequenz

Empfindlichkeit von Messsystemen

$$E_{MESS} = \frac{R_i}{U_i} = \frac{1}{I_i}$$

E_{MESS} : Empfindlichkeit in $\frac{\Omega}{V}$
U_i : Spannung am System bei Vollausschlag
I_i : Strom durch das System bei Vollausschlag

Relativer maximaler Fehler

$$F_W = \pm\frac{G}{100} \cdot \frac{W_E}{W_M}$$

F_W : relativer maximaler Fehler (in %)
G : Genauigkeitsklasse des Messinstruments
W_E : Endwert des Messbereichs
W_M : abgelesener Wert (Ist-Wert)

Abtasttheorem

$$f_{abtast} > 2 \cdot f_{max}$$

f_{abtast} : Abtastrate
f_{min} : Minimale Frequenz
f_{max} : Maximale Frequenz

für Nicht-Basisband-Signale

$$f_{abtast} > 2 \cdot (f_{max} - f_{min}) \text{ wenn } f_{abtast} < f_{min} \text{ oder } f_{abtast} > f_{max}$$

Datenübertragungs-/Symbolrate

$$C = R_S \cdot n$$

C : Datenübertragungsrate in Bit/s
R_S : Symbolrate in Baud
n : Symbolgröße in Bit/Symbol

Formelzeichen, Konstanten und Tabellen

Sofern bei der jeweiligen Formel nicht anders angegeben, gilt:

A	Querschnitt, Fläche
A_{Dr}	Drahtquerschnitt
A_{Fe}	Eisenkernquerschnitt
A_L	Induktivitätskonstante (z. B. in nH)
A_S	Querschnittsfläche der Spule
a	Dämpfungsmaß (z. B. in dB)
a_F	Rauschzahl gemessen mit Eingangsabschluss bei 290 K (z. B. in dB)
AWGN	Additive White Gaussian Noise (Additives weißes gaußsches Rauschen)
B, B_1, B_2	Bandbreiten
B_m	magnetische Flussdichte
C	Kapazität
C'	Kapazitätsbelag (Kapazität pro Meter)
C_G	Gesamtkapazität
C_1, C_2, C_3, C_n	Teilkapazitäten
c	Phasengeschwindigkeit
c_0	Vakuumlichtgeschwindigkeit, $c_0 = 3 \cdot 10^8 \frac{m}{s}$
d	Abstand, Entfernung
E	elektrische Feldstärke
EIRP	äquivalente isotrope Strahlungsleistung
ERP	äquivalente (effektive) Strahlungsleistung
e	Eulersche Zahl, e = 2,718 …
F	Rauschzahl (Eingangsabschluss bei 290 K)
f	Frequenz
f_c, f_k, f_{krit}, f_{oF2}	Höchste Frequenz, bei der senkrecht in die Ionosphäre eintretende Strahlung von der gegebenen Region noch gebrochen wird
f_E	eingestellte Empfangsfrequenz
f_g	Grenzfrequenz
f_{mod}	Modulationsfrequenz
$f_{mod\,max}$	höchste Modulationsfrequenz
f_{opt}	optimale Frequenz
f_{OSZ}	Oszillatorfrequenz
f_S	Spiegelfrequenz
f_{ZF}	Zwischenfrequenz
f_0	Resonanzfrequenz
G	Gewinnfaktor
G_d	Gewinnfaktor bezogen auf den Halbwellendipol
G_i	Gewinnfaktor bezogen auf den isotropen Strahler
g	Verstärkungsmaß/Gewinn (z. B. in dB)
g_d	Gewinn bezogen auf den Halbwellendipol (z. B. in dB)
g_i	Gewinn bezogen auf den isotropen Strahler (z. B. in dB)
GPSDO	GPS Disciplined Oscillator (GPS-synchronisierter Oszillator)
H	magnetische Feldstärke
I	Stromstärke
I_B	Basisgleichstrom
I_C	Kollektorgleichstrom
I_E	Emittergleichstrom
I_G	Gesamtstrom
I_P	Primärstromstärke
I_S	Sekundärstromstärke
I_1, I_2	Teilströme
k	Boltzmann-Konstante, $k = 1{,}38 \cdot 10^{-23} \frac{Ws}{K}$
k_V	Verkürzungsfaktor
L	Induktivität
L'	Induktivitätsbelag (Induktivität pro Meter)
L_G	Gesamtinduktivität
L_1, L_2, L_3, L_n	Teilinduktivitäten
l	Länge
l_m	mittlere Feldlinienlänge
MUF	Höchste brauchbare Frequenz bei der Ausbreitung elektromagnetischer Wellen infolge ionosphärischer Brechung
m	Modulationsindex
N	Windungszahl
N_P	Primärwindungszahl
N_S	Sekundärwindungszahl
N_V	Windungszahl pro Volt
OCXO	Oven-Controlled Crystal Oscillator (Quarzoszillator mit Quarzofen)
P	Leistung
P_R	Rauschleistung
P_S	Senderleistung
P_{ERP}	ERP Strahlungsleistung
P_{EIRP}	EIRP Strahlungsleistung
P_V	Verlustleistung
P_{ab}	abgegebene Leistung
P_{zu}	zugeführte Leistung

p	Pegel der Leistung (z. B. in dBm oder dBW)
p_S	Pegel der Senderleistung (z. B. in dBm)
p_{ERP}	Pegel der ERP Strahlungsleistung (z. B. in dBm)
p_{EIRP}	Pegel der EIRP Strahlungsleistungen (z. B. in dBm)
PEP	Peak Envelope Power (Hüllkurvenspitzenleistung)
Q	Güte
R	Widerstand
R_G	Gesamtwiderstand
R_i	Innenwiderstand
R_1, R_2, R_3, R_n	Teilwiderstände
R_p	paralleler Verlustwiderstand
R_s	serieller Verlustwiderstand
r	Reflexionsfaktor
S	Stromdichte
SNR	Signal-Rausch-Verhältnis (z. B. in dB)
s, SWR, SWV, VSWR	Stehwellenverhältnis oder Welligkeit
T	Periodendauer
T_K	Temperatur in Kelvin bezogen auf den absoluten Nullpunkt T_0 ($T_0 = 0\,\mathrm{K} = -273{,}15\,^\circ\mathrm{C}$; d. h. $20\,^\circ\mathrm{C} \approx 293\,\mathrm{K}$)
t	Zeit
TCXO	Temperature Compensated Crystal Oscillator (Temperaturkompensierter Quarzoszillator)
U	Spannung
U_{eff}	Effektivspannung
U_G	Gesamtspannung
U_P	Primärspannung
U_R	effektive Rauschspannung an R
U_S	Sekundärspannung
U_{SS}	Spannung von Spitze zu Spitze
U_1, U_2	Teilspannungen
$\hat{U}$	Spitzenspannung
$\hat{U}_{mod}$	Amplitude der Modulationsspannung
$\hat{U}_T$	Amplitude der HF-Trägerspannung
u	Pegel der Spannung (z. B. in dBu)
$\ddot{u}$	Übersetzungsverhältnis
v_I	Wechselstromverstärkung
v_U	Wechselspannungsverstärkung
v_P	Leistungsverstärkung für Wechselstrom
VCO	Voltage-Controlled Oscillator (Spannungsgesteuerter Oszillator)
W	Arbeit/Energie
X	Blindwiderstand
X_C	kapazitiver Blindwiderstand
X_L	induktiver Blindwiderstand
XO	Crystal Oscillator (Quarzoszillator)
Z	Wellenwiderstand
Z_A	Ausgangsscheinwiderstand
Z_E	Eingangsscheinwiderstand
Z_{F0}	Feldwellenwiderstand des freien Raumes, $Z_{F0} = \sqrt{\frac{\mu_0}{\epsilon_0}} = 120\pi\,\Omega$
Z_P	Primärer Scheinwiderstand
Z_S	Sekundärer Scheinwiderstand
ΔI	Stromänderung
ΔI_B	Basisstromänderung
ΔI_C	Kollektorstromänderung
ΔU	Spannungsänderung
ΔU_{CE}	Kollektor-Emitter-Spannungsänderung
ΔU_{BE}	Basis-Emitter-Spannungsänderung
α	Abstrahlwinkel der Antenne (Höhenwinkel)
β	Wechselstromverstärkung
ϵ_0	elektrische Feldkonstante, $\epsilon_0 = \frac{1}{\mu_0 \cdot c_0^2} = 0{,}885 \cdot 10^{-11}\,\frac{\mathrm{A\,s}}{\mathrm{V\,m}}$
ϵ_r	relative Dielektrizitätszahl
η	Wirkungsgrad
λ	Wellenlänge
μ_0	magnetische Feldkonstante, $\mu_0 = \frac{4\pi}{10^7}\,\frac{\mathrm{V\,s}}{\mathrm{A\,m}} = 1{,}2566 \cdot 10^{-6}\,\frac{\mathrm{H}}{\mathrm{m}}$
μ_r	relative Permeabilität (Luft ≈ 1)
ρ	spezifischer elektrischer Widerstand
ω	Kreisfrequenz

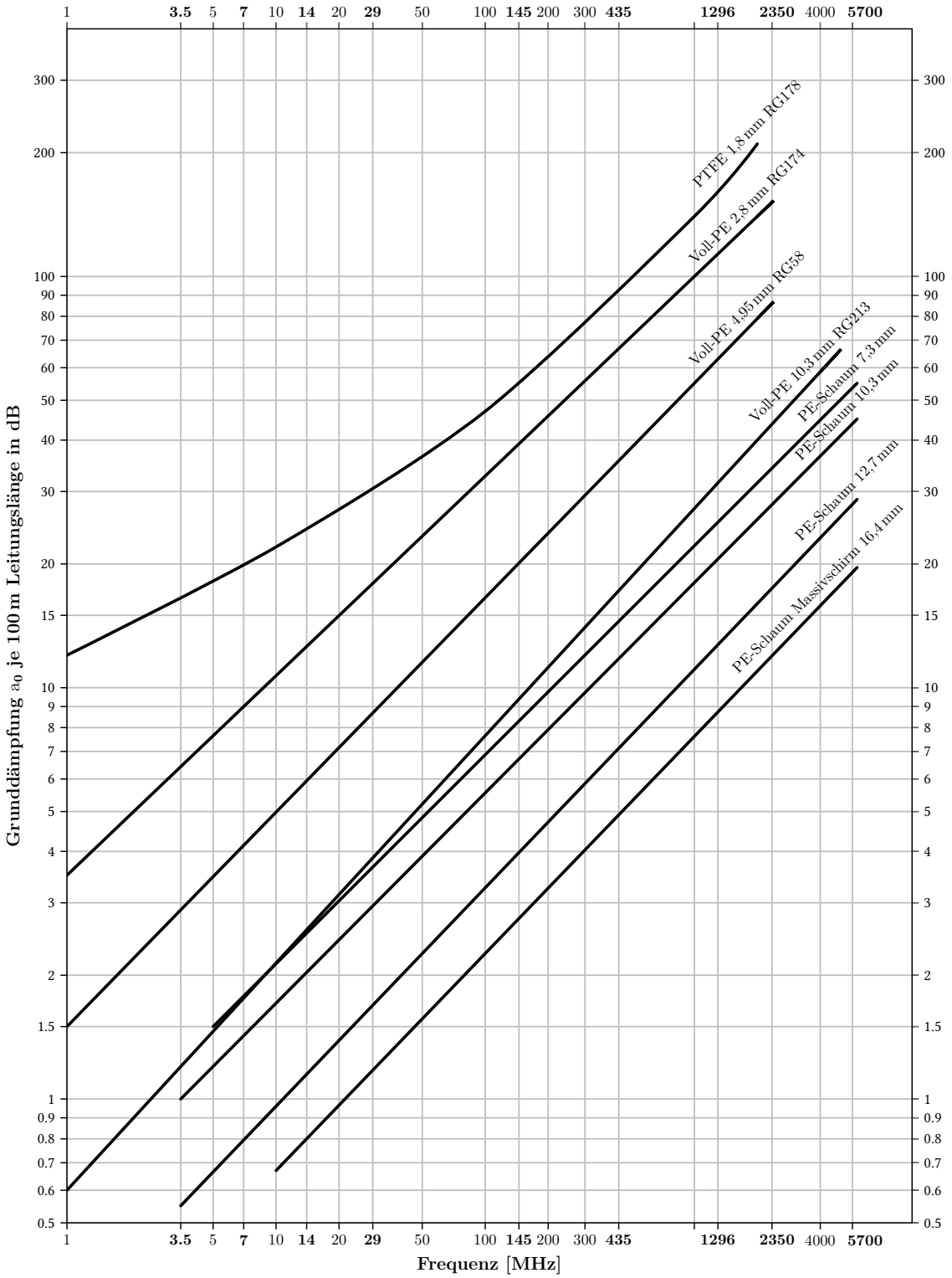
Spezifischer Widerstand in $\Omega mm^2/m$

Material	Wert
Kupfer	0,018
Aluminium	0,028
Gold	0,022
Silber	0,016
Zinn	0,11
Eisen	0,1
Messing	0,07

Relative Dielektrizitätszahl

Material	Wert
Luft (trocken)	1,00059
Voll-PE (Polyäthylen)	2,29
Schaum-PE	1,5
PTFE (Teflon)	2,0

Kabeldämpfungsdiagramm Koaxialkabel



Dämpfung gebräuchlicher Koaxleitungen in Abhängigkeit von der Betriebsfrequenz
für eine Länge von 100 m

ITU-Buchstabieralphabet

Internationales Buchstabieralphabet gemäß „Radio Regulations“ der ITU

Buchstabe	Wort	Aussprache
A	Alpha	AL-FA
B	Bravo	BRA-WO
C	Charlie	TSCHA-LI
D	Delta	DELL-TA
E	Echo	ECK-KO
F	Foxtrott	FOX-TROTT
G	Golf	GOLF
H	Hotel	HO-TELL
I	India	IN-DI-AH
J	Juliett	DJU-LI-ETT
K	Kilo	KI-LO
L	Lima	LI-MA
M	Mike	MAIK
N	November	NO-WEM-BER
O	Oscar	OSS-KAR
P	Papa	PA-PA
Q	Quebec	KWE-BECK
R	Romeo	RO-MI-O
S	Sierra	SIER-RA
T	Tango	TÄNG-GO
U	Uniform	JU-NI-FORM
V	Viktor	WICK-TOR
W	Whiskey	WISS-KI
X	X-Ray	ÄX-RÄI
Y	Yankee	JENG-KI
Z	Zulu	SUH-LUH



Bitte drucke Dir diesen Handzettel aus oder lege Dir diesen auf Deinem Telefon ab. Dieser soll Dir beim Einprägen helfen. Oft ist es einfacher, wenn Du Dir diesen in kurzen Abschnitten und bei passenden Gelegenheiten hervor holst, z.B. auf dem Weg zur Arbeit/Schule oder in der Pause. Mach Dir gerne Notizen, denke Dir Eselsbrücken aus oder markiere die schwer zu lernenden Teile.

Abkürzungen und Q-Codes

Betriebsabkürzungen und Q-Codes werden bei Telegrafie, Fernschreiben und anderen „Digimodes" verwendet. Q-Codes können mit „?" auch als Frage gestellt werden, z.B. „QTH?" für „Wie ist Dein Standort?".

Abkürzung	Bedeutung
BK	„BreaK" - Unterbrechung der Sendung, formlose Übergabe
CQ	„Seek You" Allgemeiner Anruf
CW	„Continuous Wave" = Telegrafe
K	„Kommen" – Aufforderung zum Senden
PSE	„PleaSE", Bitte
R	„Received", Empfang bestätigt, Roger
RX	„Receiver", Empfänger
TX	„Transmitter", Sender
TRX	„Transceiver", Sendeempfänger

Q-Code	Bedeutung	Merkhilfe
QRN	Atmosphärische Störung	**N**atürliche Störung
QRM	Ich werde gestört	**M**enschengemachte Störung
QRO	Erhöhen Sie die Sendeleistung	Ein paar Watt **o**bendrauf legen
QRP	Senken Sie die Sendeleistung	**P**ssst!
QRT	Stellen Sie die Übermittlung ein	**T**erminate (Beenden)
QRV	Ich bin bereit	**v**orbereitet
QRX	Wann rufen Sie mich wieder?	Zeitpunkt X
QRZ	Wer hat mich gerufen?	Rufzeichen ein **z**weites Mal nennen
QSB	Fading, Signalschwankungen	**B**ergauf, **B**ergab. **B**reit schwankend
QSL	Ich bestätige den Empfang	Ich habe Dich im **L**ogbuch
QSO	Erreichen Sie die Station … ?	
QSY	Bitte Frequenz wechseln	Change Frequenc**y**
QTH	Mein Standort	**H**ome, **H**eim



Bitte drucke Dir diesen Handzettel aus oder lege Dir diesen auf Deinem Telefon ab. Dieser soll Dir beim Einprägen helfen. Oft ist es einfacher, wenn Du Dir diesen in kurzen Abschnitten und bei passenden Gelegenheiten hervor holst, z.B. auf dem Weg zur Arbeit/Schule oder in der Pause. Mach Dir gerne Notizen, denke Dir Eselsbrücken aus oder markiere die schwer zu lernenden Teile.

Internationale Landeskenner

Bitte denke Dir passende Eselsbrücken aus, die Du Dir gut merken kannst.

Mit nur diesen Landeskennern kannst Du alle Prüfungsfragen im Ausschlussverfahren lösen:

Landeskenner	Eselsbrücke	Land
BY		China
CT		Portugal
DA-DR		Deutschland
EA		Spanien
EM		Ukraine
JA		Japan
K W N A		USA
OZ		Dänemark
PY		Brasilien
SM		Schweden
SP		Polen
VE		Kanada
VU		Indien
XE		Mexiko
ZL		Neuseeland



Bitte drucke Dir diesen Handzettel aus oder lege Dir diesen auf Deinem Telefon ab. Dieser soll Dir beim Einprägen helfen. Oft ist es einfacher, wenn Du Dir diesen in kurzen Abschnitten und bei passenden Gelegenheiten hervor holst, z.B. auf dem Weg zur Arbeit/Schule oder in der Pause. Mach Dir gerne Notizen, denke Dir Eselsbrücken aus oder markiere die schwer zu lernenden Teile.

Untenstehend findest Du alle Landeskenner, die in den Prüfungsantworten vorkommen. Die Eselsbrücken können Dir beim Lernen helfen. Besser wäre jedoch, wenn Du Dir eigene ausdenkst und handschriftlich auf der ersten Seite notierst, um die wesentlichen Landeskenner besser auswendig zu lernen.

Europa	**Eselsbrücke**	**Land**
CT	CosTa (Küste)	Portugal
DA-DR	(siehe Hilfsmittel...)	Deutschland
EA	EspaniA	Spanien
EI	Eiland vor Island	Irland
EM	Fußball-EM 2012	Ukraine
ES	EStland	Estland
EU	wEißrUssland	Belarus
F	Frankreich	Frankreich
G	Großbritannien	UK
HBØ	Hohe Berge (klein)	Liechtenstein
HB9	Hohe Berge (groß)	Schweiz
HV	Heiliger Vater	Vatikan
I	Italien ;)	Italien
LA	LAchse (Links Außen)	Norwegen
LU	Links Unten	Argentinien
LX	LuXemburg	Luxemburg
LZ	Lustige Zigeuner	Bulgarien
OE	OEsterreich	Österreich
OH	Oben Hinten	Finnland
OK	Ohne Kohle(ab 2033)	Tschechien
OM	Ohne Mären	Slowakei
ON	Oben Niederlande	Belgien
OZ	Oberer Zipfel	Dänemark
PA	PAntinen(Holzschuhe)	Niederlande
S5	Schönes 5lowenien	Slowenien
SM	Schwedische Möbel	Schweden
SP	Schönes Polen	Polen
SV	Schöne Vasen	Griechenland

weltweit	**Eselsbrücke**	**Land**
BY	bezahle in Yuan	China
DS-DT	Das Samsung-Telefon	Südkorea
DU-DZ	Drohendes Unheil Durch Zyklone	Philippinen
EK	sEwansee im Kaukasus	Armenien
JA	JApan	Japan
K W N A	Keiner will nach Amerika	USA
PY	Pyranhas	Brasilien
VE	Viele Elche	Kanada
VK	Viele Kängurus	Australien
VU	Viel Unruhe	Indien
XE	mEXiko	Mexika
ZL	Zea-Land	Neuseeland
ZS	Zuid-Afrika in AfrikaanS	Südafrika
4X	eXXXXtreme Sicherheitsstufe	Israel



Deutscher Amateur-Radio-Club e.V.
Bundesverband für Amateurfunk in Deutschland

