

Quelle: <https://www.arbeitssicherheit.de//document/338532c3-6676-349a-bd84-713500ad8562>

Bibliografie

Titel	Sprengarbeiten (DGUV Regel 113-016)
Amtliche Abkürzung	DGUV Regel 113-016
Normtyp	Satzung
Normgeber	Bund
Gliederungs-Nr.	[keine Angabe]

Anhang 2 - Ermittlung des Mindestabstandes zu Hochfrequenzsendern

Zu den Sendern, die mit Hochfrequenzenergien auf elektrische Zündanlagen einwirken können, gehören z.B.

- ortsfeste Antennenanlagen von Rundfunk- und Fernsehsendern, Mobilfunk- sowie Basisstationen, Amateurfunksender,
- mobile Funkanlagen, wie Sendestationen in oder auf Fahrzeugen und Schiffen, in der Regel mit Antennen mit hohem Antennengewinn,
- tragbare Sender, wie Handfunkgeräte, Mobiltelefone (Handys).

Eine ungewollte Zündung durch Hochfrequenzsender ist grundsätzlich ausgeschlossen:

- a. bei Sendern ohne gefährlichen Einfluss auf Zündanlagen,
- b. durch ausreichenden Sicherheitsabstand zwischen Sender und Zündanlage.

zu a. Bei Verwendung von Zündern der Klasse II bzw. Zündern der Klasse IV (U- Zünder bzw. HU- Zünder) und der Einhaltung eines Mindestabstandes von 1 m sind folgende Sender als ungefährlich anzusehen:

- Schnurlose Telefone (DECT),
- Garagentoröffner,
- Pkw-Schließsysteme,
- Funkfernsteuerungen mit einer Sendeleistung $P < 0,5 \text{ W}$.

Wenn von den folgenden Geräten nur ein Gerät eingesetzt wird, ist dieses ebenfalls bei einem Mindestabstand von 1 m als ungefährlich einzustufen:

- Sprechfunkgeräte mit einer Sendeleistung $P < 2 \text{ W}$,
- Mobiltelefone (GSM-Handys) mit einer Nutzfrequenz $f > 500 \text{ MHz}$ und einer Sendeleistung $P < 2 \text{ W}$.

Sollten bei einer Bauwerksprengung Sprechfunkgeräte und/oder Mobiltelefone räumlich verteilt im oder um das Bauwerk eingesetzt werden und die einzelnen Geräte überschreiten die Sendeleistung von 2 W nicht, sind diese bei einem Sicherheitsabstand von 2 m zu den Bestandteilen der Zündanlage als ungefährlich einzustufen.¹

Sind in dem Bereich der Zündanlage bei einer Bauwerkssprengung mehrere Sender mit einer Einzelleistung von mehr als 2 W vorhanden, sind die Ausführungen zu mehreren Sendern (Ziffer 1.2) zu beachten.

Hinweis: Die Sendeleistung kann im Regelfall der technischen Beschreibung entnommen werden.

zu b. Sind Sender vorhanden, bei denen ein gefährlicher Einfluss auf Zündanlagen nicht ausgeschlossen werden kann, ist ein bestimmter Abstand a_S zwischen der Sprenganlage und dem Sender oder den Sendern einzuhalten. Der Abstand der Sprenganlage a_S zu einem Sender darf den Mindestabstand a_M nicht unterschreiten. Die Berechnung des Mindestabstandes a_M ist entsprechend Ziffer 1 bzw. Ziffer 2 durchzuführen. Der Mindestabstand a_M darf grundsätzlich 1 m nicht unterschreiten.

Auf eine Berechnung kann bei den zurzeit bekannten Sendern in der Bundesrepublik Deutschland verzichtet werden, wenn folgende Mindestabstände eingehalten sind:

- bei Verwendung von Zündern der Klasse II (U-Zündern) Einhaltung eines Mindestabstandes a_M von 5.500 m (Maximalwert entsprechend der Tabelle 1 (Ziffer 1.4))
- bei Verwendung von Zündern der Klasse IV (HU-Zündern) Einhaltung eines Mindestabstandes a_M von 1.815 m (1/3 des Wertes von Zündern der Klasse II, (Ziffer 2))

Sollten die Betrachtungen nicht zu einer eindeutigen Aussage führen, so ist ein Sachverständiger für die Beeinflussung von elektrischen Zündern durch elektromagnetische Wellen einzuschalten.

Ermittlung des Mindestabstandes a_M

Die Ermittlung des Mindestabstandes a_M kann in Abhängigkeit von der Art der verwendeten Zünder (Klasse II oder IV) mit Hilfe der Tabelle 1 (Ziffer 1.4), mit Hilfe der Formel aus Ziffer 1.5 oder über die zulässige Feldstärke erfolgen.

Bei der Ermittlung des Mindestabstandes a_M werden folgende Annahmen zugrunde gelegt:

- Verwendung von elektrischen Zündern,
- erdbodennahe Verlegung (< 1 m) der Zünder und Zünderdrähte.

Bei Sprengarbeiten unter Tage (z.B. Tunnelvortrieb) sind die Ausbreitungsverhältnisse der elektromagnetischen Wellen und die notwendigen Sicherheitsabstände durch Sachverständige für die Beeinflussung von elektrischen Zündern durch elektromagnetische Wellen zu ermitteln. Alternativ kann bei Sprengarbeiten in diesen Bereichen die Berechnung des Mindestabstandes a_M über die zulässige Feldstärke erfolgen (siehe Ziffer 3).

1 Ermittlung des Mindestabstandes a_M bei Verwendung von Zündern der Klasse II

1.1 Vorhandensein eines Senders:

1.1.1 Es wird die wirksame Strahlungsleistung $EIRP$ des Senders bestimmt (siehe Ziffer 1.3).

1.1.2 Die Bestimmung des Mindestabstandes a_M erfolgt mit der Tabelle 1 (siehe Ziffer 1.4). Wenn der ermittelte Mindestabstand a_M kleiner ist als der Abstand des Senders a_S zu der Sprenganlage, sind keine weiteren Schritte erforderlich.

1.1.3 Die Bestimmung des Mindestabstandes a_M erfolgt mit der Berechnungsformel aus Ziffer 1.5. Wenn der ermittelte Mindestabstand a_M kleiner ist als der Abstand des Senders a_S zu der Sprenganlage, sind keine weiteren Schritte erforderlich.

1.1.4 Es ist die Einschaltung eines Sachverständigen für die Beeinflussung von elektrischen Zündern durch elektromagnetische Wellen erforderlich.

1.2 Vorhandensein mehrerer Sender:

Zuerst werden alle betroffenen Sender erfasst. Sind mehrere gleichstarke Sender (Sender mit Leistungen größer 50 W) vorhanden, bei denen ein gefährlicher Einfluss auf die Zündanlage bzw. Zündanlagen nicht ausgeschlossen werden kann, ist der Mindestabstand dieser Sender zu der Zündanlage auf folgende Weise zu bestimmen:

1.2.1 Es wird die wirksame Strahlungsleistung *EIRP* jedes Senders bestimmt (siehe Ziffer 1.3).

1.2.2 Die Bestimmung des Mindestabstandes a_M jedes Senders erfolgt mit der Tabelle 1 (siehe Ziffer 1.4). Die Bestimmung des Gesamtmindestabstandes a_{MST} erfolgt mit Hilfe der nachfolgenden Formel:

$$a_{MST} = \sqrt{(a_{MT1})^2 + (a_{MT1+1})^2 + (a_{MT1+2})^2 + \dots + (a_{MT1+n})^2}$$

Wenn der so ermittelte Mindestabstand a_{MST} kleiner ist als jeder Abstand a_S zu den einzelnen Sendern, sind keine weiteren Schritte erforderlich.

1.2.3 Die Bestimmung des Mindestabstandes a_M jedes Senders erfolgt mit der Berechnungsformel aus Ziffer 1.5.

Die Bestimmung des Gesamtmindestabstand a_{MSR} erfolgt dann mit Hilfe der nachfolgenden Formel:

$$a_{MSR} = \sqrt{(a_{MR1})^2 + (a_{MR1+1})^2 + (a_{MR1+2})^2 + \dots + (a_{MR1+n})^2}$$

Wenn der so ermittelte Mindestabstand a_{MSR} kleiner ist als jeder Abstand zu den einzelnen Sendern a_S , sind keine weiteren Schritte erforderlich.

1.2.4 Es ist ein Sachverständiger für die Beeinflussung von elektrischen Zündern durch elektromagnetische Wellen einzuschalten.

1.3 Ermittlung der wirksamen Strahlungsleistung *EIRP*

Bei der Beurteilung der Einwirkung von Hochfrequenzsendern auf elektrische Zündanlagen muss grundsätzlich die wirksame Strahlungsleistung *EIRP* zu Grunde gelegt werden. Diese errechnet sich aus der Senderausgangsleistung *P* multipliziert mit dem Antennengewinnfaktor *G*.

Die Berechnung der wirksamen Strahlungsleistung *EIRP* ist abhängig von den Sendern, d. h. ob ortsfeste Antennenanlagen oder batteriebetriebene Sendeanlagen bzw. portable Sender vorliegen.

1.3.1 Ortsfeste Antennenanlagen/Sender

Die wirksame Strahlungsleistung *EIRP* errechnet sich aus der Senderausgangsleistung *P* multipliziert mit dem Antennengewinnfaktor *G*. Der Antennengewinnfaktor ist abhängig von der Art des Senders, der Form und Ausführung der Sendeantenne und errechnet sich aus dem Antennengewinn *g*.

<i>EIRP</i>	=	$P \times G$ in Watt (W)
-------------	---	--------------------------

P = Ausgangsleistung in Watt (W)

G = Antennengewinnfaktor

G = 10_{0,1g}

g = Antennengewinn in Dezibel (dB)

Beispiel:	Amateurfunksender		
	Frequenz	f	= 28 MHz
	Ausgangsleistung	P	= 750 Watt
	Antennengewinn	g	= 3 dB
	Antennengewinnfaktor	G	= 2
	Wirksame Strahlungsleistung	$EIRP$	= 1.500 W

1.3.2 Mobile Funkanlagen

Die wirksame Strahlungsleistung $EIRP$ errechnet sich aus der Senderausgangsleistung P multipliziert mit dem Antennengewinnfaktor G . Der Antennengewinnfaktor ist abhängig von der Art des Senders, der Form und Ausführung der Sendeantenne und errechnet sich aus dem Antennengewinn g .

$EIRP$	=	$P \times G$ in Watt (W)
--------	---	--------------------------

P = Ausgangsleistung in Watt (W)

G = Antennengewinnfaktor

G = $10^{0,1g}$

g = Antennengewinn in Dezibel (dB)

Beispiel:	LKW-Funkstation		
	Frequenz	f	= 568 MHz
	Ausgangsleistung	P	= 6 Watt
	Antennengewinn	g	= 4 dB
	Antennengewinnfaktor	G	= 2,5
	Wirksame Strahlungsleistung	$EIRP$	= 15 W

1.3.3 Tragbare Sendeanlagen

Für batteriebetriebene handgeführte Sendegeräte (z. B. Sprechfunkgeräte, GSM-Portables) kann die wirksame Strahlungsleistung $EIRP$ i. d. R. gleich der Ausgangsleistung P gesetzt werden. Im Zweifelsfall sollten die Daten des Senders beim Hersteller erfragt werden.

$$EIRP \approx P$$

Beispiel:	Hand-Sprechfunkgeräte		
Frequenz	f	=	140 MHz
Ausgangsleistung	P	=	4 W
Antennengewinn	g	=	0
Antennengewinnfaktor	G	=	1
Wirksame Strahlungsleistung	$EIRP$	=	4 W

1.4 Mindestabstand a_M als Tabellenwert bei Verwendung von Zündern der Klasse II

Aus der nachfolgenden Tabelle kann der Mindestabstand a_M in m in Abhängigkeit von der wirksamen Strahlungsleistung $EIRP$ und der Sendefrequenz f ermittelt werden.

$EIRP$	f		> 0,1 -	> 1,5 -	> 10 -	> 30 -	> 100 -	> 500 -	>
			1,5 MHz	10 MHz	30 MHz	100 MHz	500 MHz	1.000 MHz	1,0 GHz
> 0,1 W	bis	0,5 W	2	2	3	2	1	1	1
> 0,5 W	bis	1 W	3	3	4	3	1	1	1
> 1 W	bis	5 W	6	3	8	5	2	1	1
> 5 W	bis	20 W	15	6	15	10	4	1	1
> 20 W	bis	100 W	30	15	35	25	8	2	1
> 100 W	bis	1 kW	85	40	100	70	30	6	3
> 1 kW	bis	10 kW	270	120	330	210	80	20	10
> 10 kW	bis	100 kW	850	400	1.000	660	260	60	30
> 100 kW	bis	400 kW	1.700	750	2.000	1.320	510	120	60
> 400 kW	bis	1 MW	2.600	1.200	3.200	2.100	800	180	95
> 1 MW	bis	3 MW	4.500	2.000	5.500	3.610	1.400	310	160

Tabelle 1: Mindestabstand in Abhängigkeit von wirksamer Strahlungsleistung und Sendefrequenz

Beispiel:	Strahlungsleistung $EIRP = 500$ kW, Sendefrequenz $f = 20$ MHz. Daraus ergibt sich ein Mindestabstand $a_M = 3.200$ m aus der Tabelle.
------------------	---

1.5 Berechnung des Mindestabstandes a_M anhand einer Formel

1.5.1 Berechnung des Mindestabstandes a_M bei Frequenzen ≤ 30 MHz

Der Mindestabstand a_M kann aus folgender Formel berechnet werden

$$a_M = 3 \cdot \sqrt{EIRP} \text{ in Metern (m)}$$

$EIRP$ = Strahlungsleistung in Watt (W)

Beispiel:	Strahlungsleistung $EIRP = 500$ kW. Daraus ergibt sich ein Mindestabstand $a_M = 2.121$ m.
------------------	---

Ist der errechnete Wert geringer als der Tabellenwert, so kann der geringere Wert als Mindestabstand verwendet werden.

1.5.2 Berechnung des Mindestabstandes a_M bei Frequenzen > 30 MHz

Hat der Sender eine Sendefrequenz von mehr als 30 MHz, kann der Mindestabstand wie folgt berechnet werden:

$$a_M = \frac{90}{f} \sqrt{EIRP} \text{ in Metern (m)}$$

$EIRP$	= Strahlungsleistung in Watt (W)
--------	----------------------------------

f = Frequenz in MHz

Beispiel:	Strahlungsleistung $EIRP = 500$ kW, Sendefrequenz $f = 45$ MHz. Daraus ergibt sich ein Mindestabstand $a_M = 1.414$ m.
------------------	---

Ist der errechnete Wert geringer als der Tabellenwert, so kann der geringere Wert als Mindestabstand verwendet werden.

2 Ermittlung des Mindestabstandes bei Verwendung von Zündern der Klasse IV

Der Mindestabstand für Zünder der Klasse IV kann durch die Multiplikation von a_M für Zünder der Klasse II mit 0,33 ermittelt werden.

$$a_{M(IV)} = 0,33 \cdot a_{M(II)}$$

3 Ermittlung des Mindestabstandes a_M über die zulässige Feldstärke

Sollte die Ermittlung des Sicherheitsabstandes auf elektrische Zündanlagen wegen fehlender oder unsicherer Daten oder aufgrund der Einwirkung von mehreren Hochfrequenzsendern nicht möglich oder schwierig sein, so muss alternativ die Ermittlung des Sicherheitsabstandes über die zünderabhängige zulässige Feldstärke erfolgen.

Bei Sprengarbeiten unter Tage (z.B. Tunnelvortrieb) sind die Ausbreitungsverhältnisse der elektromagnetischen Felder zu berücksichtigen und mit diesem Wissen sind dann die angepassten Sicherheitsabstände durch einen Sachverständigen für die Beeinflussung von elektrischen Zündern durch elektromagnetische Wellen zu bestimmen. Alternativ kann bei Sprengarbeiten unter Tage die Berechnung des Mindestabstandes a_M über die zulässige Feldstärke erfolgen.

Die ermittelte elektrische Feldstärke darf in keinem Fall den Wert von 2 V/m bei Zündern der Klasse II und von 5 V/m bei Zündern der Klasse IV überschreiten.

Die Feldstärke kann im Rahmen einer breitbandigen Messung der elektrischen Feldstärke im Bereich der Zündanlage oder durch eine andere geeignete Abschätzung bestimmt werden. Wird bei dieser breitbandigen

Messung oder bei der durchgeführten Abschätzung die für die Sprengzünder zulässige Feldstärke überschritten, muss eine frequenzabhängige Messung durchgeführt werden.

Für die frequenzabhängige Messung und die Bewertung der Messergebnisse ist ein Sachverständiger für die Beeinflussung von elektrischen Zündern durch elektromagnetische Wellen einzuschalten. Bei vergleichbaren Randbedingungen kann auf ein exemplarisches Gutachten Bezug genommen werden.

Elektronische Zündsysteme

Bei der Verwendung von elektronischen Zündern sind die für Zünder der Klasse IV erforderlichen Mindestabstände einzuhalten, sofern vom Hersteller keine anderen Angaben zur zulässigen Feldstärke gemacht werden.

Fußnoten

- ¹ Anmerkung: Diese Sonderregelung ergibt sich aus den Randbedingungen aus dem Technical Report, der diesem Anhang zugrunde liegt. In diesem Report sind bestimmte Geometrien für einen Zündkreis vorgegeben, die bei Bauwerksprengungen nicht eingehalten werden können, aber aus sicherheitstechnischer Sicht auch nicht eingehalten werden müssen.