

Unterlage 5-9-2

Planfeststellungsverfahren

**Ersatzneubau der alten Levensauer Hochbrücke
und
Ausbau des Nord-Ostsee-Kanals
NOK-Km 93,2 – 94,2**

Ausarbeitung „Radaremissionen und –immissionen von
Schiffen“

VORHABENTRÄGER:

**WASSER- UND SCHIFFFAHRTSAMT KIEL-HOLTENAU
SCHLEUSENINSEL 2
24159 KIEL-HOLTENAU**



VERFASSER:

Bundesanstalt für Gewässerkunde (BfG)

Stand: 10.03.2008

Kurze Erläuterung

Mit dem Ausbau der Oststrecke verringert sich in den Innenkurven der Ausbauabschnitte der Abstand zwischen Fahrrinnenbegrenzung und der vorhandenen Wohnbebauung. In diesem Zusammenhang wurde im Rahmen des Planfeststellungsverfahrens von der Bundesanstalt für Gewässerkunde eine Abschätzung der Auswirkungen von Radaremissionen und –immissionen von Schiffen auf das Umfeld des NOK erstellt.

Die Unterlage gliedert sich wie folgt:

Ausarbeitung

Stellungnahme zum Thema „Radaremissionen und –immissionen von Schiffen“

Veranlassung

Mit dem Ausbau der Oststrecke des Nord-Ostsee-Kanals (NOK) verringert sich in den Innenkurven der Ausbauabschnitte der Abstand zwischen Fahrrinnenbegrenzung und vorhandenen Wohnbebauung. In diesem Zusammenhang hat das WSA Kiel-Holtenau die Bundesanstalt für Gewässerkunde am 21.11.2007 um eine Abschätzung der Auswirkungen von Radaremissionen und –immissionen auf das Umfeld des NOK gebeten.

Elektromagnetische Emissionen und Immissionen der Radaranlagen von Schiffen

Die auf Seeschiffen (IMO-Kategorie) bzw. Binnenschiffen bzw. Sport- und Freizeitbooten zur Navigation eingesetzten Radaranlagen nutzen die Frequenzbänder 2900 MHz – 3100 MHz, 5470 MHz – 5650 MHz, 8850 MHz – 9000 MHz und 9200 MHz – 9500 MHz bzw. 9380 MHz – 9440 MHz bzw. 9380 MHz – 9474 MHz. Die Emission der elektromagnetischen Strahlung erfolgt bei allen Radaranlagen gepulst. Die Pulsdauer beträgt zwischen 0,03 μ s (mit Pulswiederholrate von 375 Hz) und 1,2 μ s (mit Pulswiederholrate von 4000 Hz). Durch den gepulsten Betrieb besteht ein extremes Verhältnis zwischen dem kurzzeitigen Spitzenwert der emittierten elektromagnetischen Strahlung und dem zeitlichen Mittelwert. Die Tabelle 1 ordnet verschiedenen Schiffstypen das genutzte Frequenzband sowie die Pulsintensität, -dauer und Wiederholrate zu.

Schiffstyp		Schiffe der IMO-Kategorie			Binnenschiffe	Sportboote
Frequenzband		2900 MHz bis 3100 MHz	5470 MHz bis 5650 MHz	8850 MHz bis 9000 MHz, 9200 MHz bis 9500 MHz	9380 MHz bis 9440 MHz	9380 MHz bis 9475 MHz
Antenne						
Halbwertsbreite						
horizontal	°	1 – 4	1 – 2,6	0,75 – 2,3	0,95	1,8 – 6,2
vertikal	°	24 – 30	18 – 25	20 – 26	26	22 – 30
Seitenkeulendämpfung						
innerhalb $\pm 10^\circ$	dB	23 – 28	23 – 29	23 – 31	> 25	20 – 27
außerhalb $\pm 10^\circ$	dB	31 – 32	31 – 35	30 – 40	> 32	25 – 30
Gewinn	dB	26 – 28	28 – 31	27 – 32	30	21 – 27
Rotationrate	min ⁻¹	20 – 60	14 – 60	20 – 60	30	24
Transmitter						
Sendeleistung (Peak)	kW	30 – 75	50 – 70	5 – 50	5	1,5 – 10
Pulsdauer	μ s	0,05 – 1,2	0,07 – 1,5	0,03 – 1,2	0,05, 0,18, 0,5	0,08 – 1,2
Pulswiederholrate	Hz	375 – 4000	400 – 3600	375 – 4000	1000 – 3000	375 – 3600

Tabelle1: Charakteristika von Radaranlagen verschiedener Schiffstypen

Während für Seeschiffe je nach Sendefrequenz Spitzenleistungen von 5 – 75 kW auftreten, beträgt die Spitzenleistung bei Binnenschiffen nur 5 kW und bei Sport- und Freizeitschiffen 1,5 kW bis 10 kW. Die aus Binnenschiffen bzw. Sport- und Freizeitschiffen hervorgerufenen Emission und damit auch Immission sind also um im Mittel den Faktor 15 kleiner. Im Folgenden werden daher die Aussagen auf Radaranlagen von Seeschiffen als wesentliche Ursache der Radaremissionen begrenzt.

Für Seeschiffe beträgt die maximale Spitzenleistung der Radaranlage 75 kW (für das Frequenzband 2900 MHz – 3100 MHz bei einer Pulsdauer von 1,2 µs und einer Pulswiederholrate von 4000 Hz). Für diesen Frequenzbereich beträgt die mittlere Leistung der Radaranlage 0,36 kW ($= 75 \text{ kW} \cdot 0,0000012 \text{ s} \cdot 4000 \text{ s}^{-1}$) und ist somit etwa um den Faktor 200 geringer. Im folgenden wird daher insbesondere die Spitzenleistung betrachtet. Hierbei ist auch zu berücksichtigen, dass die Radaranlagen nicht ortsfest sind und somit am Kanalufer die mittlere Leistungsdichte gegenüber der Spitzenleistungsdichte weiter reduziert ist.

Die Abstrahlung der elektromagnetischen Strahlung erfolgt durch die Schiffsrads nicht isotrop (d.h. als Kugelstrahler) sondern durch die Antenne gerichtet. Durch die gerichtete Emission erzielt die Radaranlage im Vergleich zum Kugelstrahler höhere Leistungsdichten (d.h. höhere Leistung pro Fläche) der elektromagnetischen Strahlung. Als Maß für die Erhöhung der Leistungsdichte dient der sog. Gewinn der Radarantennen. Für Radaranlagen auf Seeschiffen beträgt dieser etwa 30 dB.

Mit zunehmender Entfernung von der Strahlungsquelle nimmt die Leistungsdichte der elektromagnetischen Strahlung ab. Für den Kugelstrahler gilt:

$$S_{\text{Kugel}} = \frac{P}{4 \cdot \pi \cdot r^2}$$

mit

S_{Kugel} : Leistungsdichte der elektromagnetischen Strahlung eines Kugelstrahlers [W/m²]

P: (Peak-)Leistung des Radarpulses [W]

r: Abstand zwischen Antenne und Immissionsaufpunkt [m]

Für die Antenne mit Richtwirkung gilt:

$$G = 10 \cdot \lg \left(\frac{S_{\text{Richt}}}{S_{\text{Kugel}}} \right) \quad \text{bzw.} \quad S_{\text{Richt}} = S_{\text{Kugel}} \cdot 10^{G/10}$$

mit

G: Gewinn der Antenne [-]

S_{Kugel} : Leistungsdichte der elektromagnetischen Strahlung eines Kugelstrahlers [W/m²]

S_{Richt} : Leistungsdichte der elektromagnetischen Strahlung eines Richtstrahlers/Antenne [W/m²]

Es ergibt sich im Abstand von 25 m von der Radaranlage eine Spitzenleistungsdichte von 9549 W/m², im Abstand von 50 m von maximal 2387 W/m², im Abstand von 250 m von maximal 95 W/m², im Abstand von 500 m von maximal 24 W/m².

Die Abhängigkeit der Spitzenleistungsdichte in Abstrahlrichtung von der Entfernung zur Antenne ist in Abbildung 1 verdeutlicht.

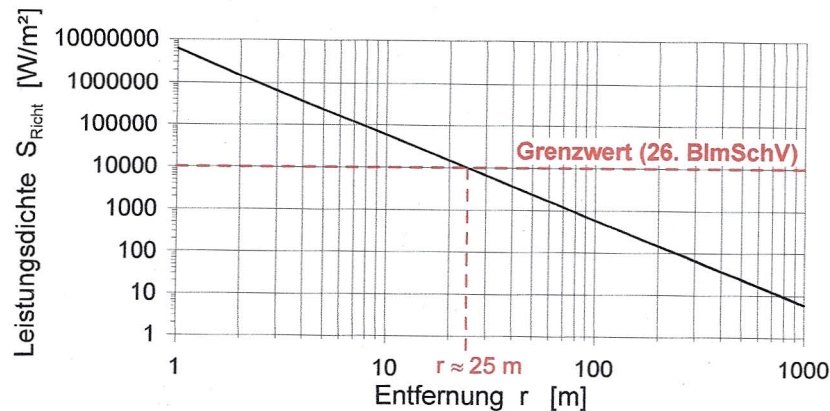


Abbildung 1: Spitzenleistungsdichte in Abstrahlrichtung der Antenne als Funktion der Entfernung von der Antenne

Vergleichende rechtliche Einordnung der erwarteten elektromagnetischen Immissionen

Für ortsfeste Anlagen bestehen in Deutschland die in der 26. Bundesimmissionsschutzverordnung festgelegten **Grenzwerte** für die mittlere Leistungsdichte von $9,76 \text{ W}/\text{m}^2$ ($= \text{zul } E_{\text{eff}} \cdot \text{zul } H_{\text{eff}} = 61 \text{ V}/\text{m} \cdot 0,16 \text{ H}/\text{m}$) sowie **für den Spitzenwert der Leistungsdichte von $9994 \text{ W}/\text{m}^2$** ($= 32 \cdot \text{zul } E_{\text{eff}} \cdot 32 \cdot \text{zul } H_{\text{eff}} = 32 \cdot 61 \text{ V}/\text{m} \cdot 32 \cdot 0,16 \text{ H}/\text{m}$).

Eine ortsfeste Anlage mit Kugelstrahler beaufschlagt demzufolge jeden Punkt im Umkreis mit einer konstant hohen elektromagnetischen Strahlung während der gesamten Betriebsdauer.

Demgegenüber wird das Maximum der Emission eines gerichteten Schiffsradars nur kurzfristig erreicht, wenn das Schiff den zum Messpunkt kürzesten Abstand passiert **und** der sich drehende Radaremitter in die Richtung des Messpunktes strahlt.

Trotz dieser sehr unterschiedlichen Randbedingungen werden die Grenzwerte der 26. BImSchV hier konservativ auch auf nicht-ortsfeste Schiffsradaranlagen angewendet.

In einer Entfernung von mehr als 25 m vom Seeschiffsradar ist eine Überschreitung der Immissionsgrenzwerte der 26. BImSchV entsprechend der oben ausgeführten Rechnung nicht zu erwarten. Dies gilt für einen Messpunkt in 25 m Entfernung vom Schiff selbst dann, wenn das Schiff dauerhaft dort vor Anker läge und den Radaremitter ebenso dauerhaft auf den Messpunkt gerichtet ließe. Abbildung 2 verdeutlicht diesen Sachverhalt unter Bezug auf die Randbedingungen für den NOK. Hierbei ist zu berücksichtigen, dass den Kanal passierende Schiffe nur im Begegnungsfall nicht in Kanalmitte sondern in Ufernähe fahren. Der geringste Abstand zum Ufer stellt sich für die in ihrer Häufigkeit im Vergleich zur Verkehrsgruppe 4 selten auftretende Verkehrsgruppe 3 mit einem Tiefgang von 6,10 m ein. Wie Abbildung 2 darstellt, beträgt die Distanz zwischen einem Schiff der Verkehrsgruppe 3 – und damit seine Radaranlage – und der landseitigen Begrenzung des Betriebsweges selbst bei Ansatz einer maximalen Uferannäherung stets mehr als 25 m.

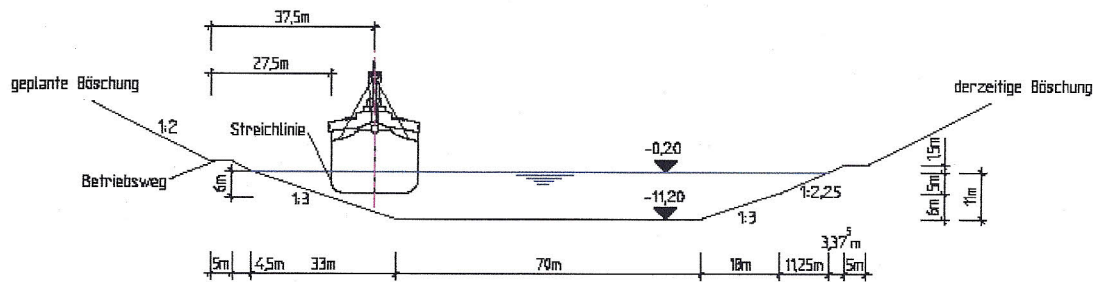


Abbildung 2: Regelquerschnitt NOK mit Wirkungsbereich Radar (VG 3).

Bedeutung einer Zunahme des Schiffsverkehrs für die elektromagnetischen Emissionen

Bei einer Erhöhung des Schiffsverkehrs auf dem NOK wird sich die für die Beurteilung maßgebende Spitzenleistungsdichte der elektromagnetischen Strahlung nicht erhöhen, sondern lediglich die für die Beurteilung nicht maßgebende mittlere Leistungsdichte. Eine Überschreitung der Grenzwerte der 26. Bundesimmissionsschutzverordnung ist damit auch bei Erhöhung des Schiffsverkehrs nicht zu erwarten.

Im Auftrag

Dr. Stephan Mai

Dr. Stephan Mai

Bearbeitet im Auftrag des Wasser- und Schifffahrtsamtes Kiel-Holtenau:

Koblenz, den 29.01.2015

A handwritten signature in black ink, reading "Dr. Stephan Mai". The signature is written in a cursive style with a large, stylized 'M'.

Dr. Stephan Mai

Bundesanstalt für Gewässerkunde