

Allgemeine Verwaltungsvorschrift der Bundesregierung

Allgemeine Verwaltungsvorschrift zur Durchführung der Verordnung über elektromagnetische Felder - 26. BImSchV (26. BImSchVVwV)

A. Problem und Ziel

Die am 14. August 2013 novellierte Verordnung zur Durchführung des Bundes-Immissionsschutzgesetzes (Verordnung über elektromagnetische Felder – 26. BImSchV) legt in § 4 Absatz 2 folgendes fest:

Bei Errichtung und wesentlicher Änderung von Niederfrequenzanlagen sowie Gleichstromanlagen sind die Möglichkeiten auszuschöpfen, die von der jeweiligen Anlage ausgehenden elektrischen, magnetischen und elektromagnetischen Felder nach dem Stand der Technik unter Berücksichtigung von Gegebenheiten im Einwirkungsbereich zu minimieren. Das Nähere regelt eine Verwaltungsvorschrift gemäß § 48 des Bundes-Immissionsschutzgesetzes.

Dieses Minimierungsgebot bedarf für einen sachgerechten und bundeseinheitlichen Vollzug einer Konkretisierung.

B. Lösung

Mit der vorliegenden Verwaltungsvorschrift wird das Minimierungsgebot nach § 4 Absatz 2 26. BImSchV konkretisiert.

C. Alternativen

Es sind keine Alternativen ersichtlich.

D. Haushaltsausgaben ohne Erfüllungsaufwand

Keine.

E. Erfüllungsaufwand

1. Erfüllungsaufwand für Bürgerinnen und Bürger

Keiner.

2. Erfüllungsaufwand für die Wirtschaft

Die allgemeine Verwaltungsvorschrift beschreibt die Kriterien der Minimierung für den jeweiligen Einzelfall, der immer einer Verhältnismäßigkeitsabwägung unterliegt. Es ist nicht zu erwarten, dass die allgemeine Verwaltungsvorschrift zu zusätzlichen, über den bereits durch das Minimierungsgebot selbst bedingten Aufwand hinaus, Erfüllungskosten für die Wirtschaft führen wird.

Die Anforderungen der seit dem 1. Juli 2015 geltenden „one in, one out-Regel“ kommen nicht zur Anwendung.

3. Erfüllungsaufwand der Verwaltung

Die Verwaltungsvorschrift legt für die Vollzugsbehörden ein einheitliches Prüf- und Bewertungsschema für die Minimierung fest. Die allgemeine Verwaltungsvorschrift führt daher nicht zu einem zusätzlichen Erfüllungsaufwand für die Verwaltung.

F. Weitere Kosten

Auswirkungen auf Einzelpreise oder das Preisniveau, insbesondere auf das Verbraucherpreisniveau sind nicht zu erwarten.

Bundesrat

Drucksache 547/15

11.11.15

U - Wi

**Allgemeine
Verwaltungsvorschrift**
der Bundesregierung

**Allgemeine Verwaltungsvorschrift zur Durchführung der
Verordnung über elektromagnetische Felder - 26. BImSchV (26.
BImSchVVwV)**

Bundesrepublik Deutschland
Die Bundeskanzlerin

Berlin, 11. November 2015

An den
Präsidenten des Bundesrates
Herrn Ministerpräsidenten
Stanislaw Tillich

Sehr geehrter Herr Präsident,

hiermit übersende ich die von der Bundesregierung beschlossene

Allgemeine Verwaltungsvorschrift zur Durchführung der Verordnung
über elektromagnetische Felder - 26. BImSchV (26. BImSchVVwV)

mit Begründung und Vorblatt.

Ich bitte, die Zustimmung des Bundesrates aufgrund des Artikels 84 Absatz 2 des
Grundgesetzes herbeizuführen.

Federführend ist das Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz, Bau und
Reaktorsicherheit.

Die Stellungnahme des Nationalen Normenkontrollrates gemäß § 6 Absatz 1 NKRG ist als Anlage beigefügt.

Mit freundlichen Grüßen

Dr. Angela Merkel

Allgemeine Verwaltungsvorschrift zur Durchführung der Verordnung über elektromagnetische Felder - 26. BImSchV (26. BImSchVVwV)

Vom...

Nach Artikel 84 Absatz 2 des Grundgesetzes und auf Grund von § 4 Absatz 2 Satz 2 der Verordnung über elektromagnetische Felder in der Fassung der Bekanntmachung vom 14. August 2013 (BGBl. I S. 3266, 3942) in Verbindung mit § 48 des Bundes-Immissionsschutzgesetzes in der Fassung der Bekanntmachung vom 17. Mai 2013 (BGBl. I S. 1274), der zuletzt durch Artikel 1 Nummer 11 des Gesetzes vom 20. November 2014 (BGBl. I S. 174) geändert worden ist, erlässt die Bundesregierung nach Anhörung der beteiligten Kreise folgende allgemeine Verwaltungsvorschrift:

Inhaltsübersicht

1.	Anwendungsbereich.....	1
2.	Begriffsbestimmungen.....	1
2.1	Bahnoberleitungsanlage.....	1
2.2	Bahnstromumrichteranlage.....	1
2.3	Bewertungsabstand.....	1
2.4	Bezugspunkt.....	2
2.5	Einwirkungsbereich.....	2
2.6	Erdkabel.....	2
2.7	Freileitung.....	2
2.8	Höchste betriebliche Anlagenauslastung.....	2
2.9	Immission.....	2
2.10	Leitung.....	2
2.11	Maßgeblicher Minimierungsort.....	3
2.12	Stromrichteranlage, Konverterstation.....	3
2.13	Transformator.....	3
2.14	Umspann- und Schaltanlage.....	3
2.15	Wirksamkeit einer Minimierungsmaßnahme.....	3
3.	Minimierung.....	3
3.1	Minimierungsziel und Rahmenbedingungen.....	3
3.2	Vorgehen zur Umsetzung des Minimierungsgebotes.....	4
3.2.1	Vorprüfung.....	4
3.2.1.1	Status der jeweiligen Anlage.....	4
3.2.1.2	Betrachtung des Einwirkungsbereiches.....	4

3.2.2	Ermittlung der Minimierungsmaßnahmen.....	6
3.2.2.1	Prüfung der Minimierung nur an den Bezugspunkten.....	7
3.2.2.2	Individuelle Minimierungsprüfung.....	7
3.2.2.3	Prüfung des Minimierungspotentials.....	7
3.2.3	Maßnahmenbewertung, Festlegung der Minimierungsmaßnahmen.....	7
4.	Nachweismethode.....	8
5.	Technische Möglichkeiten zur Minimierung.....	8
5.1	Hochspannungsgleichstromanlagen, 0 Hertz.....	9
5.1.1	HGÜ-Freileitungen.....	9
5.1.1.1	Abstandsoptimierung.....	9
5.1.1.2	Elektrische Schirmung.....	9
5.1.1.3	Minimieren der Seilabstände.....	9
5.1.1.4	Optimieren der Mastkopfgeometrie.....	10
5.1.1.5	Optimieren der Polanordnung.....	10
5.1.2	HGÜ-Erdkabel.....	11
5.1.2.1	Minimieren der Kabelabstände.....	11
5.1.2.2	Optimieren der Polanordnung.....	11
5.1.2.3	Optimieren der Verlegetiefe.....	11
5.1.3	Stromrichteranlagen.....	12
5.1.3.1	Abstandsoptimierung.....	12
5.1.3.2	Minimieren der Distanzen zwischen Betriebsmitteln mit unterschiedlicher Polarität.....	12
5.2	Bahnstromanlagen mit 16,7 Hertz.....	12
5.2.1	Bahnstromfreileitungen.....	12
5.2.1.1	Abstandsoptimierung.....	12
5.2.1.2	Elektrische Schirmung.....	13
5.2.1.3	Minimieren der Seilabstände.....	13
5.2.1.4	Optimieren der Mastkopfgeometrie.....	13
5.2.1.5	Optimieren der Leiteranordnung.....	14
5.2.2	Bahnstromerdkabel.....	14
5.2.2.1	Minimieren der Kabelabstände.....	14
5.2.2.2	Optimieren der Leiteranordnung.....	15
5.2.2.3	Optimieren der Verlegegeometrie.....	15
5.2.2.4	Optimieren der Verlegetiefe.....	15
5.2.3	Bahnstromoberleitungen.....	16
5.2.3.1	Abstandsoptimierung.....	16

5.2.3.2	Minimieren der Distanzen zwischen zu- und rückfließenden Strömen durch Einsatz von Auto-Transformatoren.....	16
5.2.3.3	Minimieren der Distanzen zwischen zu- und rückfließenden Strömen durch Einsatz von Booster-Transformatoren ohne Isolierstöße.....	17
5.2.3.4	Minimieren der Distanzen zwischen zu- und rückfließenden Strömen durch Installation eines Rückleiterseils ohne Isolierstöße.....	17
5.2.3.5	Minimieren des Fahrstroms.....	17
5.2.4	Bahnstromnebenanlagen.....	17
5.2.4.1	Abstandsoptimierung.....	18
5.2.4.2	Minimieren der Distanzen zwischen Betriebsmitteln.....	18
5.3	Energieübertragungsanlagen mit 50 Hertz.....	18
5.3.1	Drehstromfreileitungen.....	18
5.3.1.1	Abstandsoptimierung.....	18
5.3.1.2	Elektrische Schirmung.....	19
5.3.1.3	Minimieren der Seilabstände.....	19
5.3.1.4	Optimieren der Mastkopfgeometrie.....	19
5.3.1.5	Optimieren der Leiteranordnung.....	20
5.3.2	Drehstromkabel.....	20
5.3.2.1	Minimieren der Kabelabstände.....	20
5.3.2.2	Optimieren der Leiteranordnung.....	21
5.3.2.3	Optimieren der Verlegegeometrie.....	21
5.3.2.4	Optimieren der Verlegetiefe.....	21
5.3.3	Drehstromumspann- und Drehstromschaltanlagen ab Mittelspannung und höher, Umrichter- und Kompensationsanlagen.....	22
5.3.3.1	Abstandsoptimierung.....	22
5.3.3.2	Minimieren der Distanzen zwischen Betriebsmitteln mit unterschiedlicher Phasenbelegung.....	22
5.3.4	Ortsnetzumspannstationen.....	22
5.3.4.1	Abstandsoptimierung.....	22
5.3.4.2	Minimieren der Distanzen zwischen Betriebsmitteln mit unterschiedlicher Phasenbelegung.....	23
5.3.4.3	Optimieren von Einspeisung und Abgängen der Niederspannungsverteilung.....	23
6.	Übergangsregel.....	24
7.	Inkrafttreten.....	24
	Anhang I zu Ziffer 3.2.....	25
	Anhang II zu Ziffer 3.2.2.1.....	26
	Anhang III zu Ziffer 3.2.2.2.....	27

1. Anwendungsbereich

Diese allgemeine Verwaltungsvorschrift konkretisiert § 4 Absatz 2 der Verordnung über elektromagnetische Felder - nachfolgend: 26. BImSchV - in der Fassung der Bekanntmachung vom 14. August 2013.

Sie beschreibt die Anforderungen an Niederfrequenz- und Gleichstromanlagen bei der Errichtung und wesentlichen Änderung, um die von der jeweiligen Anlage ausgehenden elektrischen und magnetischen Felder nach dem Stand der Technik unter Berücksichtigung von Gegebenheiten im Einwirkungsbereich zu minimieren.

Sie gilt für Niederfrequenz- und Gleichstromanlagen nach § 1 Absatz 2 Nummer 2 und 3 der 26. BImSchV.

Die allgemeine Verwaltungsvorschrift dient der zuständigen Behörde als Entscheidungsgrundlage, ob die Minimierung der Felder unter Berücksichtigung von Gegebenheiten im Einwirkungsbereich der jeweiligen Anlage sachgerecht geplant und umgesetzt wird.

Die Anforderungen nach dem Bundesbedarfsplangesetz, dem Energieleitungsausbaugesetz, dem Energiewirtschaftsgesetz und dem Netzausbaubeschleunigungsgesetz Übertragungsnetz bleiben unberührt. Die fachrechtlichen Vorgaben, wie die Regelungen des Naturschutzes, insbesondere des Gebiets- und Artenschutzes, bleiben unberührt.

2. Begriffsbestimmungen

2.1 Bahnoberleitungsanlage

Gesamtheit der Betriebsmittel der elektrischen Energieversorgung von Unterwerken zu elektrischen Triebfahrzeugen, zu den Oberleitungen und Bahnenergieleitungen, welche aus Umgehungsleitung, Speiseleitung und Verstärkungsleitung bestehen, gehören.

2.2 Bahnstromumrichteranlage

Anlage zur Umwandlung des Drehstroms der öffentlichen Elektrizitätsnetze in den für die Eisenbahn verwendeten Wechselstrom mit Hilfe elektronischer Bauelemente sowie vor- oder nachgeschalteter Transformatoren, Drosseln, Filtern und Schaltfeldern.

2.3 Bewertungsabstand

Abstand von der Anlage, ab dem die Feldstärken mit zunehmender Entfernung durchgehend abnehmen.

Ausgangspunkt ist jeweils die Bodenprojektion¹ des ruhenden äußeren Leiters einer Freileitung, des äußeren Kabels eines Erdkabels, die Gleismitte bei einer Bahnoberleitung für eine eingleisige Strecke, die Mitte des äußeren elektrifizierten Gleises bei einer Bahnoberleitung für eine mehrgleisige Strecke und die Eingrenzung oder, sofern letztere nicht vorhanden ist, die Einhausung einer Kabelübergabeanlage, Stromrichteranlage, Bahnstromumrichteranlage, Umspann- oder Schaltanlage.

¹ Bei Leitungen in Tunneln oder an Brücken ist der Bewertungsabstand radial zu betrachten.

2.4 Bezugspunkt

Der Bezugspunkt ist ein Punkt, der für maßgebliche Minimierungsorte, die außerhalb des Bewertungsabstandes liegen, ermittelt wird. Er liegt im Bewertungsabstand auf der kürzesten Geraden zwischen dem jeweiligen maßgeblichen Minimierungsort und der jeweiligen Anlagenmitte/Trassenachse.

Der Bezugspunkt ist so gewählt, dass durch eine auf diesen Punkt bezogene Minimierung die Feldstärken in größeren Abständen ebenfalls minimiert werden.

2.5 Einwirkungsbereich

Der Einwirkungsbereich einer Anlage ist der Bereich, in dem die Anlage sich signifikant von den natürlichen und mittleren anthropogen bedingten Immissionen abhebende elektrische oder magnetische Felder verursacht, unabhängig davon, ob die Immissionen tatsächlich schädliche Umwelteinwirkungen auslösen.

Ausgangspunkt ist jeweils die Bodenprojektion² des ruhenden äußeren Leiters einer Freileitung, des äußeren Kabels eines Erdkabels, die Gleismitte bei einer Bahnoberleitung für eine eingleisige Strecke, die Mitte des äußeren elektrifizierten Gleises bei einer Bahnoberleitung für eine mehrgleisige Strecke und die Eingrenzung oder, sofern letztere nicht vorhanden ist, die Einhausung einer Kabelübergabeanlage, Stromrichteranlage, Bahnstromumrichteranlage, Umspann- oder Schaltanlage.

2.6 Erdkabel

Gesamtheit einer Anlage zur unterirdischen Fortleitung von Elektrizität, bestehend aus isolierten Leitern, die im Boden, Rohren, Tunneln, Mulden oder auf vergleichbare Weise verlegt sind, einschließlich Nebenbauwerken wie zum Beispiel Muffenbauwerken und Kabelübergabeanlagen.

2.7 Freileitung

Gesamtheit einer Anlage zur oberirdischen Fortleitung von Elektrizität.

2.8 Höchste betriebliche Anlagenauslastung

Die höchste betriebliche Anlagenauslastung ist durch technische Grenzen charakterisiert. Dies sind der maximale betriebliche Dauerstrom und die Nennspannung.

2.9 Immission

Elektrische und magnetische Felder, die von einer oder mehreren Anlagen ausgehen und an einem maßgeblichen Minimierungsort auftreten und dort auf Menschen, Tiere und Pflanzen einwirken können.

2.10 Leitung

Kurzform für Freileitung oder Erdkabel.

² Bei Leitungen in Tunneln oder an Brücken ist der Einwirkungsbereich radial zu betrachten.

2.11 Maßgeblicher Minimierungsort

Ein maßgeblicher Minimierungsort ist ein im Einwirkungsbereich der jeweiligen Anlage liegendes Gebäude oder Grundstück im Sinne des § 4 Absatz 1 der 26. BImSchV sowie jedes Gebäude oder Gebäudeteil, das zum nicht nur vorübergehenden Aufenthalt von Menschen bestimmt ist.

2.12 Stromrichteranlage, Konverterstation

Anlage zur Umwandlung von Gleichstrom in Wechselstrom oder umgekehrt mit Hilfe elektrischer Bauelemente sowie vor- oder nachgeschalteten Transformatoren, Drosseln, Filtern und Schaltfeldern.

2.13 Transformator

Betriebsmittel mit einer oder mehreren Wicklungen, mit dem ein Wechselspannungs- und Wechselstromsystem durch elektromagnetische Induktion in ein anderes Wechselspannungs- und Wechselstromsystem, das üblicherweise die gleiche Frequenz, aber andere Spannungs- und Stromwerte aufweist, transformiert wird.

2.14 Umspann- und Schaltanlage

Anlagen, in der Elektrizität umgespannt, geschaltet oder verteilt wird. Im Gegensatz zur Schaltanlage enthält die Umspannanlage mindestens einen Transformator.

2.15 Wirksamkeit einer Minimierungsmaßnahme

Die mit der getroffenen Maßnahme erreichte Feldminimierung in Bezug auf die von der Anlage ausgehenden elektrischen und magnetischen Feldstärken, die ohne diese Maßnahme vorliegen würden.

3. Minimierung

3.1 Minimierungsziel und Rahmenbedingungen

Das Ziel des Minimierungsgebotes nach § 4 Absatz 2 der 26. BImSchV ist es, die von Niederfrequenz- und Gleichstromanlagen ausgehenden elektrischen und magnetischen Felder nach dem Stand der Technik unter Berücksichtigung von Gegebenheiten im Einwirkungsbereich so zu minimieren, dass die Immissionen an den maßgeblichen Minimierungsorten der jeweiligen Anlage minimiert werden.

Minimierungsmaßnahmen gemäß § 4 Absatz 2 der 26. BImSchV sind zu prüfen, wenn sich mindestens ein maßgeblicher Minimierungsort im Einwirkungsbereich der jeweiligen Anlage befindet. Liegen mehrere maßgebliche Minimierungsorte innerhalb des Einwirkungsbereiches, werden bei der Minimierung alle maßgeblichen Minimierungsorte gleichrangig betrachtet. Eine Maßnahme kommt als Minimierungsmaßnahme nicht in Betracht, wenn sie zu einer Erhöhung der Immissionen an einem maßgeblichen Minimierungsort führen würde.

Die Prüfung möglicher Minimierungsmaßnahmen erfolgt individuell für die geplante Anlage einschließlich ihrer geplanten Leistung und für die festgelegte Trasse. Das Minimierungsgebot verlangt keine Prüfung nach dem im Energiewirtschaftsrecht verankerten sogenannten NOVA-Prinzip - Netzoptimierung vor Netzverstärkung vor Netzausbau - und keine Alternativenprüfung, wie zum Beispiel Erdkabel statt Freileitung, alternative Trassenführung oder Standortalternativen, die

nach den sonstigen Rechtsvorschriften, insbesondere nach dem Planfeststellungsrecht, erforderlich sein können.

Es kann die Anwendung mehrerer Minimierungsmaßnahmen in Betracht kommen. Soweit deren gemeinsame Anwendung ausscheidet, ist eine Auswahl anhand der in dieser allgemeinen Verwaltungsvorschrift enthaltenen inhaltlichen Maßgaben zu treffen. Wirken sich eine oder mehrere Minimierungsmaßnahmen unterschiedlich auf das elektrische und das magnetische Feld aus, ist bei der Auswahl für Gleichstromanlagen die Minimierung des elektrischen Feldes und für Niederfrequenzanlagen die Minimierung des magnetischen Feldes zu bevorzugen.

Insbesondere ist der Grundsatz der Verhältnismäßigkeit zu wahren, indem Aufwand und Nutzen möglicher Maßnahmen betrachtet werden. Zudem sind mögliche nachteilige Auswirkungen auf andere Schutzgüter zu berücksichtigen.

Wird auf bestehendem Gestänge eine neue Leitung mitgeführt oder eine bereits mitgeführte Leitung wesentlich geändert, bezieht sich das Minimierungsgebot nur auf diese mitgeführte Leitung, sofern die bestehende Leitung nicht ihrerseits wesentlich geändert wird. Hierbei ist unbeachtlich, ob sich Spannungsebene und Frequenz der Leitungen unterscheiden. Bei der Minimierung der neuen oder wesentlich geänderten Leitung sind jedoch die Felder der bestehenden Leitung mit zu berücksichtigen.

3.2 Vorgehen zur Umsetzung des Minimierungsgebotes

Die Umsetzung des Minimierungsgebotes erfolgt in drei Teilschritten: einer Vorprüfung, einer Ermittlung der Minimierungsmaßnahmen und einer Maßnahmenbewertung. Der Zusammenhang der einzelnen Teilschritte und der Prüfablauf sind im Anhang I in einem Flussdiagramm dargestellt.

3.2.1 Vorprüfung

Die Vorprüfung dient der Feststellung, ob für die jeweilige Anlage überhaupt eine Minimierung durchzuführen ist und damit eine Ermittlung der Minimierungsmaßnahmen erforderlich macht.

3.2.1.1 Status der jeweiligen Anlage

Da das Minimierungsgebot ausschließlich für Niederfrequenz- und Gleichstromanlagen besteht, die entweder neu errichtet oder wesentlich geändert werden, ist eine weitere Prüfung nur für diese Anlagen notwendig.

3.2.1.2 Betrachtung des Einwirkungsbereiches

Eine Ermittlung der Minimierungsmaßnahmen nach Ziffer 3.2.2 ist nur durchzuführen, wenn sich im Einwirkungsbereich der jeweiligen Anlage mindestens ein maßgeblicher Minimierungsort befindet.

Der Einwirkungsbereich ist sowohl von anlagenbezogenen Faktoren, wie zum Beispiel der Masthöhe, der Anzahl der Systeme und der Spannungsebene, als auch von anlagenunabhängigen Faktoren, wie zum Beispiel der Topografie, der Bebauung und dem Bewuchs, abhängig. Daher ist der Einwirkungsbereich für jede Anlage über konservative Pauschalwerte zu bestimmen, die wie folgt festgelegt werden:

Einwirkungsbereich von Gleichstromanlagen

Freileitung	
Nennspannung	Abstand
≥ 500 kV	400 m
≥ 300 kV bis < 500 kV	300 m
< 300 kV	200 m

Erdkabel	
Nennspannung	Abstand
≥ 500 kV	20 m
≥ 300 kV bis < 500 kV	15 m
≥ 100 kV bis < 300 kV	10 m
< 100 kV	5 m

Stromrichteranlagen	Abstand
Alle	100 m

Einwirkungsbereich von Niederfrequenzanlagen

Freileitung (einschließlich Bahnstromfernleitung)	
Nennspannung	Abstand
≥ 380 kV	400 m
≥ 220 kV bis < 380 kV	300 m
≥ 110 kV bis < 220 kV	200 m
< 110 kV	100 m

Erdkabel	
Nennspannung	Abstand
≥ 380 kV	100 m
≥ 220 kV bis < 380 kV	75 m
≥ 110 kV bis < 220 kV	35 m
≥ 50 kV bis < 110 kV	25 m
< 50 kV	10 m

Umspann- und Schaltanlagen	
Nennspannung	Abstand
Umspann- und Schaltanlage > 110 kV	100 m
Umspann- und Schaltanlage ≤ 110 kV (außer Ortsnetzumspannstationen)	50 m
Ortsnetzumspannstation (Umspannung von Mittel- auf Niederspannung)	10 m

Bahnstromanlagen	Abstand
Bahnoberleitung	100 m
Bahnenergieleitung	100 m
Bahnstromumrichteranlage	20 m
Umspann- und Schaltanlage	20 m

3.2.2 Ermittlung der Minimierungsmaßnahmen

Die Prüfung der Minimierung ist von der Lage der maßgeblichen Minimierungsorte in Bezug auf den Bewertungsabstand abhängig. Es wird zwischen einer Prüfung nur an den Bezugspunkten und einer individuellen Minimierungsprüfung unterschieden. Der Bewertungsabstand für Niederfrequenz- und Gleichstromanlagen wird wie folgt festgelegt:

Bewertungsabstand für Gleichstromanlagen

Freileitung	
Nennspannung	Abstand
Alle	35 m

Erdkabel	
Nennspannung	Abstand
Alle	5 m

Stromrichteranlagen	Abstand
Alle	5 m

Bewertungsabstand für Niederfrequenzanlagen

Freileitung (einschließlich Bahnstromfernleitung)	
Nennspannung	Abstand
≥ 380 kV	20 m
≥ 220 kV bis < 380 kV	15 m
≥ 110 kV bis < 220 kV	10 m
< 110 kV	5 m

Erdkabel	
Nennspannung	Abstand
≥ 380 kV	10 m
≥ 220 kV bis < 380 kV	5 m
≥ 110 kV bis < 220 kV	1 m
≥ 50 kV bis < 110 kV	1 m
< 50 kV	1 m

Umspann- und Schaltanlagen	
Nennspannung	Abstand
Umspann- und Schaltanlage ≥ 110 kV	5 m
Umspann- und Schaltanlage ≤ 110 kV (außer Ortsnetzumspannstationen)	1 m
Ortsnetzumspannstation (Umspannung von Mittel- auf Niederspannung)	1 m

Bahnstromanlagen	
	Abstand
Bahnoberleitung	10 m
Bahnenergieleitung	10 m
Bahnstromumrichteranlage	5 m
Umspann- und Schaltanlage	5 m

3.2.2.1 Prüfung der Minimierung nur an den Bezugspunkten

Befindet sich kein maßgeblicher Minimierungsort in dem Bereich zwischen der Anlagenmitte/Trassenachse und dem Bewertungsabstand, ist das Minimierungspotential nur an den Bezugspunkten zu ermitteln. Bei dichter Bebauung und damit einer Vielzahl von Bezugspunkten können stattdessen ein oder mehrere repräsentative Bezugspunkte gewählt werden. Schematische Beispiele sind in Anhang II dargestellt.

3.2.2.2 Individuelle Minimierungsprüfung

Liegt mindestens ein maßgeblicher Minimierungsort zwischen der Anlagenmitte/Trassenachse und dem Bewertungsabstand ist eine individuelle Minimierungsprüfung erforderlich. Hierbei sind zwei Fälle zu unterscheiden. Im Fall I befinden sich alle maßgeblichen Minimierungsorte im Bereich zwischen der Anlagenmitte/Trassenachse und dem Bewertungsabstand; im Fall II liegen sowohl innerhalb als auch außerhalb dieses Bereiches maßgebliche Minimierungsorte. Schematische Beispiele sind in Anhang III dargestellt.

Im Fall I ist das Minimierungspotential für die innerhalb des Bewertungsabstandes liegenden maßgeblichen Minimierungsorte zu ermitteln.

Im Fall II ist das Minimierungspotential für die innerhalb des Bewertungsabstandes liegenden maßgeblichen Minimierungsorte und an den Bezugspunkten für die außerhalb des Bewertungsabstandes liegenden maßgeblichen Minimierungsorte zu ermitteln. Bei dichter Bebauung, d.h. einer Vielzahl von Bezugspunkten können stattdessen ein oder mehrere repräsentative Bezugspunkte gewählt werden.

Bei der individuellen Minimierungsprüfung ist zusätzlich zu prüfen, ob eine Minimierungsmaßnahme zu einer Erhöhung der Immissionen an innerhalb des Bewertungsabstandes liegenden maßgeblichen Minimierungsorten führen würde.

3.2.2.3 Prüfung des Minimierungspotentials

Für die jeweilige Anlage ist bezogen auf die festgelegten Bezugspunkte und maßgeblichen Minimierungsorte das Minimierungspotential zu prüfen. Diese Prüfung erfolgt auf Basis der in Kapitel 5 aufgeführten technischen Möglichkeiten zur Minimierung. Die jeweiligen Maßnahmen sind sowohl bei einem Neubau als auch bei einer wesentlichen Änderung zu prüfen.

Das Minimierungspotential ist entweder über Mess- und Berechnungsverfahren oder über eine pauschalierende Betrachtung, zum Beispiel durch Vergleich mit bestehenden Anlagen, zu ermitteln.

3.2.3 Maßnahmenbewertung, Festlegung der Minimierungsmaßnahmen

Im letzten Teilschritt Maßnahmenbewertung ist die Verhältnismäßigkeit der ermittelten technischen Möglichkeiten zur Minimierung zu bewerten. In die Bewertung mit einzubeziehen sind zum Beispiel die Wirksamkeit der Maßnahmen, die Auswirkung auf die Gesamtimmission an den maßgeblichen Minimierungsorten, die zu erreichende Immissionsreduzierung an den maßgeblichen Minimierungsorten, die Investitions- und Betriebskosten der Maßnahmen sowie die Auswirkungen auf die Wartung und Verfügbarkeit der Anlagen.

Es kommen nur Maßnahmen in Betracht, die mit generell vertretbarem wirtschaftlichen Aufwand und Nutzen umgesetzt werden können. Dieser Aufwand kann erheblich davon abhängen, ob eine Minimierungsmaßnahme auf die gesamte Anlage oder nur auf einen Teil, zum Beispiel einen Leitungsabschnitt, angewendet wird. Bei wesentlichen Änderungen ist der zusätzliche Aufwand auch

von Art und Umfang der geplanten wesentlichen Änderung selbst abhängig und kann im Vergleich zu einem Neubau erheblich sein.

Bei der Auswahl der in Betracht kommenden Minimierungsmaßnahmen sind zudem mögliche nachteilige Auswirkungen auf andere Schutzgüter zu berücksichtigen. Hierbei sind zum einen sämtliche fachrechtlichen Vorgaben, zum Beispiel die Regelungen des Naturschutzes, insbesondere des Gebiets- und Artenschutzes, die Regelungen der TA Lärm oder des Arbeitsschutzes, zu beachten. Zum anderen ist eine umfassende, integrierte Betrachtung geboten mit der Folge, dass Minimierungsmaßnahmen aufgrund der mit ihnen verbundenen nachteiligen Auswirkungen auf andere Schutzgüter ausscheiden können.

Abschließend erfolgt die endgültige Festlegung der Minimierungsmaßnahmen.

4. Nachweismethode

Die Felder einer Anlage werden bei höchster betrieblicher Anlagenauslastung in der überwiegend zu erwartenden Stromrichtungskonstellation als örtlicher Maximalwert außerhalb der Anlage ohne Berücksichtigung der Oberwellen wie folgt ermittelt:

- a) ein Meter über dem Boden, unabhängig davon, ob der Nachweispunkt in einem Gebäude oder im Freien liegt,
- b) direkt am Bezugspunkt bei einer Prüfung der Minimierung nach 3.2.2.1 oder 3.2.2.2 Fall II,
- c) in Gebäuden oder im Freien in der Mitte des maßgeblichen Minimierungsorts bei einer individuellen Minimierungsprüfung nach 3.2.2.2.

Wird der Nachweis messtechnisch geführt, ist darauf zu achten, dass das ungestörte Feld gemessen wird. Zu ferromagnetischen oder elektrisch leitfähigen Objekten, die Feldverzerrungen verursachen können, ist ein Abstand von einem Meter einzuhalten. Darüber hinaus ist darauf zu achten, dass zwischen verschiedenen Messungen keine Verzerrungen durch häusliche Elektroinstallationen oder anderweitige externe Einflüsse wie Wetterbedingungen auftreten. Sofern dies nicht gewährleistet ist, ist der Nachweis in Form einer Feldsimulation zu bevorzugen.

5. Technische Möglichkeiten zur Minimierung

Im Folgenden werden betriebsmittelspezifisch Maßnahmen und ihre Wirksamkeit aufgelistet, um die von einer Anlage ausgehenden elektrischen und magnetischen Felder zu minimieren. Die aufgeführten Maßnahmen sind sowohl bei einem Neubau als auch bei einer wesentlichen Änderung zu prüfen. Einige der Maßnahmen können sich gegenseitig in ihrer Wirksamkeit beeinflussen. Auch der Anlagenbetriebszustand kann Einfluss auf die Wirksamkeit haben. Bekannte Wechselwirkungen sind bei den betreffenden Maßnahmen angegeben.

Neben der Wirksamkeit wurde wenn möglich auch der bauliche und technische Aufwand zur Realisierung der beschriebenen Maßnahmen abgeschätzt. Dieser Aufwand kann erheblich davon abhängen, ob eine Minimierungsmaßnahme auf die gesamte Anlage oder nur auf einen Teil, zum Beispiel einen Leitungsabschnitt, angewendet wird. Bei wesentlichen Änderungen ist der zusätzliche Aufwand von Art und Umfang der geplanten wesentlichen Änderung selbst abhängig und kann im Vergleich zu einem Neubau erheblich sein.

5.1 Hochspannungsgleichstromanlagen, 0 Hertz

5.1.1 HGÜ-Freileitungen

5.1.1.1 Abstandsoptimierung

Ziel der Maßnahme ist es, die Distanz der Leiterseile zu maßgeblichen Minimierungsorten zu vergrößern. Zum Boden wird die Distanz zum Beispiel durch die Erhöhung der Masten oder die Verringerung der Spannfeldlänge vergrößert. Wird ein Stromkreis auf einer von einem maßgeblichen Minimierungsort abgewandten Traverse - Querausleger - geführt, verringert dies die Immission an diesem Ort.

Voraussetzungen: Die Bodenbeschaffenheit muss geeignete Mastfundamente ermöglichen, wenn die Masten erhöht werden. Der Bodenabstand der Leiterseile kann bei Neubau planerisch festgelegt werden.

Wirksamkeit: Grundsätzlich ist sie in Trassennähe hoch und nimmt mit zunehmendem Abstand zur Trasse ab.

Hinweise: Der Aufwand ist für Masterrhöhungen bei einer neu zu bauenden Leitung niedrig. Mit zunehmendem Bodenabstand steigt der Aufwand.

5.1.1.2 Elektrische Schirmung

Die Maßnahme besteht darin, elektrisch leitfähige Schirmflächen oder -leiter vorzugsweise zwischen den spannungsführenden Leitungsteilen und einem maßgeblichen Minimierungsort als Bestandteil der Anlage einzufügen. Das Mitführen von Erdleiterseilen zählt zu dieser Maßnahme. Bei monopolen Systemen ist das Mitführen eines Neutralleiterseils Teil dieser Maßnahme.

Voraussetzungen: Die baulichen Voraussetzungen müssen erfüllt sein, damit die zusätzlichen Leitungs- und Zubehörteile angebracht werden können. Mindestisolierluftstrecken zwischen den Schirmen und den spannungsführenden Leiterseilen und der Mindestbodenabstand müssen eingehalten werden.

Wirksamkeit: Die Maßnahme wirkt überwiegend auf die elektrische Feldstärke. Die Wirksamkeit eines Neutralleiters als Maßnahme zur Schirmung ist in der Regel niedrig.

Hinweise: Das Einbringen zusätzlicher Seile erfordert in den meisten Fällen wegen zu gewährleistendem Bodenabstand eine Erhöhung des Mastes und damit verbunden eine Überprüfung der Statik und gegebenenfalls bauliche Anpassungen.

5.1.1.3 Minimieren der Seilabstände

Die Abstände zwischen den Seilen, insbesondere zwischen den spannungs- und stromführenden Leiterseilen werden minimiert; hierzu gehört auch die Minimierung der Seilabstände innerhalb eines Stromkreises und die Minimierung der Abstände zu anderen Stromkreisen.

Voraussetzungen: Die Maßnahme ist bei allen bipolaren Leitungen möglich und kann bei Neubau realisiert werden. Immer wenn die Mastkopfbilder geändert werden sollen, ist die Maßnahme auch bei einer wesentlichen Änderung möglich. Mindestisolierluftstrecken zwischen den Seilen, zwischen Leiterseilen und dem Mast sowie anderen geerdeten Anlagenteilen oder zum Boden müssen eingehalten werden.

Wirksamkeit: Die Wirksamkeit liegt im mittleren Bereich. Sie wird allerdings von anderen Anlagenparametern beeinflusst und ist abhängig vom Abstand zu den Leitern.

Hinweise: Kurze Luftstrecken können in Abhängigkeit von der Spannungsebene Geräuschemission durch Koronaeffekte fördern und besondere Maßnahmen bei der Wartung, zum Beispiel zur Besteigbarkeit, erfordern, wenn mehr als ein System an einem Mast geführt wird. Die Maßnahme wird beeinflusst durch die Ausschwingweite und die Mindestisolierluftstrecke der Leiterseile. Bei einer neu zu bauenden Leitung verursachen minimierte Seilabstände nur geringen zusätzlichen Aufwand.

5.1.1.4 Optimieren der Mastkopfgeometrie

Zwischen möglichen Masttypen, wie zum Beispiel Tonnenmast und Donaumast, wird derjenige ausgewählt, dessen Mastkopfbild eine für die Kompensation von entstehenden elektrischen und magnetischen Feldern geometrisch günstige Aufhängung der Leiterseile ermöglicht. Die wesentlichen Unterschiede der verschiedenen Masttypen bestehen in den geometrischen Anordnungsmöglichkeiten der Leiterseile, die horizontal, vertikal oder dreieckförmig sein können. Dabei ist für die Kompensation von elektrischen und magnetischen Feldern grundsätzlich eine vertikale Anordnung der Außenleiterseile günstiger als eine horizontale.

Voraussetzungen: Bei Neubau können der Masttyp und damit die Mastkopfgeometrie festgelegt werden. Bei Neubau und insbesondere wesentlicher Änderung können technische Randbedingungen, wie die Mitführung mehrerer Systeme, die Wahlmöglichkeiten einschränken.

Wirksamkeit: Die Wirksamkeit ist hoch.

Hinweise: Der zusätzliche Aufwand für einen Masttyp mit günstiger Mastgeometrie kann schon bei Neubau zum Beispiel aufgrund unterschiedlicher Masthöhen erheblich sein. Bei wesentlicher Änderung kann die Wahl eines günstigeren Masttyps oft an technische Grenzen stoßen.

5.1.1.5 Optimieren der Polanordnung

Bei einer vorgegebenen geometrischen Seilanordnung wird die Zuordnung der positiven und negativen Pole an die Seile so gewählt, dass sich die von den einzelnen Polen ausgehenden elektrischen und magnetischen Felder bestmöglich kompensieren.

Voraussetzungen: Es muss mehr als ein bipolarer Stromkreis auf dem Mast installiert sein. Bei Neubau kann die Maßnahme durchgeführt werden, bei wesentlicher Änderung nur dann, wenn ein längerer Leitungsabschnitt oder die gesamte Leitung betroffen ist.

Wirksamkeit: Die Wirksamkeit ist grundsätzlich hoch und wird von anderen Anlagenparametern, wie dem Mastkopfbild oder dem Leiterseilabstand, beeinflusst. Geringe Leiterseilabstände erhöhen die Wirksamkeit dieser Maßnahme. Zudem ist die relative Wirksamkeit abhängig vom Abstand zu den Leiterseilen. Sie ist vor allem im Einwirkungsbereich örtlich sehr unterschiedlich und kann punktuell deutlich schwanken.

Hinweise: Bei einer Leistungsflussumkehr in einem Stromkreis kann sich die Anlage in einem nicht optimierten Zustand hinsichtlich des Magnetfeldes befinden. Der zusätzliche Aufwand bei einer neu zu bauenden Leitung ist gering. In kurzen Leitungsabschnitten ist eine Änderung der Polanordnung meist mit einem erheblichen Aufwand verbunden.

5.1.2 HGÜ-Erdkabel

5.1.2.1 Minimieren der Kabelabstände

Die Kabel werden mit möglichst geringem Abstand zueinander verlegt; hierzu gehört auch die Minimierung der Kabelabstände innerhalb eines Stromkreises und zu anderen Stromkreisen.

Voraussetzungen: Die Maßnahme ist bei allen bipolaren Stromkreisen möglich und kann bei Neubau realisiert werden. Mindestkabelabstände können erforderlich sein, um thermische Belastungen der Kabel zu begrenzen.

Wirksamkeit: Die Wirksamkeit ist hoch. Sie wird allerdings von anderen Anlagenparametern beeinflusst und ist abhängig vom Abstand zu den Leitern.

Hinweise: Die Verringerung von Kabelabständen kann zu einer Erwärmung im Boden führen. Der zusätzliche Aufwand bei einer neu zu bauenden Leitung ist gering.

5.1.2.2 Optimieren der Polanordnung

Bei einer vorgegebenen geometrischen Leiteranordnung wird die Anschlussreihenfolge der positiven und negativen Pole an die Erdkabel so gewählt, dass sich die von den Kabeln ausgehenden magnetischen Felder bestmöglich kompensieren.

Voraussetzungen: Die Maßnahme kann durchgeführt werden, wenn mehr als ein bipolarer Stromkreis in einer Trasse verlegt ist. Bei Neubau kann die Maßnahme durchgeführt werden, bei wesentlicher Änderung nur dann, wenn ein längerer Leitungsabschnitt oder die gesamte Leitung betroffen ist.

Wirksamkeit: Die Wirksamkeit ist grundsätzlich hoch. Sie wird allerdings von anderen Anlagenparametern, wie der geometrischen Anordnung der einzelnen Kabel oder dem Leiterabstand beeinflusst. Geringe Leiterabstände erhöhen die Wirksamkeit dieser Maßnahme.

Hinweise: Bei einer Leistungsflussumkehr in einem Stromkreis kann sich die Anlage in einem nicht optimierten Zustand hinsichtlich des Magnetfeldes befinden. Der zusätzliche Aufwand bei einer neu zu bauenden Leitung ist gering. In kurzen Leitungsabschnitten ist eine Änderung der Polanordnung meist mit einem erheblichen Aufwand verbunden.

5.1.2.3 Optimieren der Verlegetiefe

Die Erdkabel werden tief im Boden verlegt.

Voraussetzungen: Die Bodenbeschaffenheit und die vor Ort vorhandene Infrastruktur müssen für eine tiefe Verlegung geeignet sein. Die Maßnahme ist bei allen Gleichstromerdkabeln möglich. Die Maßnahme kann bei Neubau grundsätzlich realisiert werden.

Wirksamkeit: Die Wirksamkeit hängt von der Verlegetiefe ab. Sie ist sie in Trassennähe hoch und nimmt mit zunehmendem Abstand zur Trasse ab.

Hinweise: Bei größerer Verlegetiefe verschlechtert sich die Wärmeabfuhr mit möglichen Konsequenzen für Kabel und Boden. Der zusätzliche Aufwand ist abhängig von den Gegebenheiten im Einzelfall.

5.1.3 Stromrichteranlagen

5.1.3.1 Abstandsoptimierung

Feldverursachende Anlagenteile werden innerhalb des Betriebsgeländes oder des Betriebsgebäudes mit größtmöglicher Distanz zu maßgeblichen Minimierungsorten errichtet; hierzu zählt auch die Erhöhung der Portale für zu- und abführende Freileitungen.

Voraussetzungen: Die Maßnahme kann bei Neubau und wesentlicher Änderung realisiert werden.

Wirksamkeit: Die Wirksamkeit ist hoch.

Hinweise: Bei wesentlicher Änderung kann der Aufwand abhängig vom Umfang der geplanten Änderung im Vergleich zum Neubau erheblich steigen.

5.1.3.2 Minimieren der Distanzen zwischen Betriebsmitteln mit unterschiedlicher Polarität

Betriebsmittel oder Betriebsmittelelemente, die Spannungen und Ströme mit unterschiedlicher Polarität führen, werden möglichst nah zusammen aufgebaut, damit sich die elektrischen und magnetischen Felder bestmöglich kompensieren.

Voraussetzungen: Die Maßnahme kann bei Neubau unter Einhaltung der technischen Randbedingungen realisiert werden. Bei wesentlicher Änderung sind die räumlichen Gegebenheiten und der Umfang der vorgesehenen Änderungen entscheidend. Mindestisolierluftstrecken zwischen Betriebsmitteln oder Betriebsmittelelementen mit unterschiedlichen elektrischen Potenzialen müssen eingehalten werden.

Wirksamkeit: Die Wirksamkeit ist vom Umfang der Maßnahme abhängig. Sie wird von anderen Anlagenparametern beeinflusst und ist abhängig vom Abstand der Leiter.

Hinweise: Geringe Distanzen zwischen Betriebsmitteln oder Betriebsmittelelementen, die unterschiedlichen Stromkreisen zugeordnet sind, können sich nachteilig auf die Verfügbarkeit auswirken. Der zusätzliche Aufwand ist bei Neubau niedrig. Bei wesentlicher Änderung ist der zusätzliche Aufwand abhängig vom Umfang der geplanten Änderung und von den räumlichen Gegebenheiten. Praktische Erfahrungen liegen nicht vor.

5.2 Bahnstromanlagen mit 16,7 Hertz

5.2.1 Bahnstromfreileitungen

5.2.1.1 Abstandsoptimierung

Ziel der Maßnahme ist es, die Distanz der Leiterseile zu maßgeblichen Minimierungsorten zu vergrößern. Zum Boden wird die Distanz zum Beispiel durch die Erhöhung der Masten oder die Verringerung der Spannfeldlänge vergrößert. Wird ein Stromkreis auf einer von einem maßgeblichen Minimierungsort abgewandten Traverse - Querausleger - geführt, verringert dies die Immission an diesem Ort.

Voraussetzungen: Die Bodenbeschaffenheit muss geeignete Mastfundamente ermöglichen, wenn die Masten erhöht werden. Der Bodenabstand der Leiterseile kann bei Neubau planerisch festgelegt werden.

Wirksamkeit: Grundsätzlich ist sie in Trassennähe hoch und nimmt mit zunehmendem Abstand zur Trasse ab.

Hinweise: Die Wirksamkeit der Erhöhung des Bodenabstandes kann in Abhängigkeit von anderen Anlagenparametern, wie der Phasenordnung bei Masten mit mehr als einem Stromkreis, in der Trasse sehr variabel sein und örtlich begrenzt eine entgegengesetzte Wirkung haben. Der zusätzliche Aufwand wird für Masterhöhungen bei einer neu zu bauenden Leitung zwischen niedrig und moderat eingeschätzt. Mit zunehmendem Bodenabstand steigt der Aufwand an.

5.2.1.2 Elektrische Schirmung

Elektrisch leitfähige Schirmflächen oder -leiter werden vorzugsweise zwischen den spannungsführenden Leitungsteilen und einem maßgeblichen Minimierungsort als Bestandteil der Anlage eingefügt; hierzu zählt auch das Mitführen von Erdleiterseilen.

Voraussetzungen: Die baulichen Voraussetzungen müssen erfüllt sein, damit die zusätzlichen Leitungs- und Zubehöriteile angebracht werden können. Mindestisolierluftstrecken zwischen den Schirmen und den spannungsführenden Leiterseilen und der Mindestbodenabstand müssen eingehalten werden.

Wirksamkeit: Die Maßnahme wirkt überwiegend auf die elektrische Feldstärke. Die Wirksamkeit ist abhängig von der Ausführung, in der Regel aber niedrig.

Hinweise: Das Einbringen zusätzlicher Seile erfordert in den meisten Fällen wegen zu gewährleistendem Bodenabstand eine Erhöhung des Mastes und damit verbunden eine Überprüfung der Statik und gegebenenfalls bauliche Anpassungen. Der zusätzliche Aufwand ist bei Neubau und wesentlicher Änderung abhängig von der geplanten Ausführung und von der Länge des zu schirmenden Leitungsstücks.

5.2.1.3 Minimieren der Seilabstände

Die Abstände zwischen den Seilen, insbesondere zwischen den spannungs- und stromführenden Leiterseilen, werden minimiert. Die Minimierung der Seilabstände innerhalb eines Stromkreises und zu anderen Stromkreisen zählen zu dieser Maßnahme.

Voraussetzungen: Die Maßnahme ist bei allen Leitungen möglich. Die Maßnahme kann bei Neubau realisiert werden. Immer wenn die Mastkopfbilder geändert werden sollen, ist die Maßnahme auch bei einer wesentlichen Änderung möglich. Mindestisolierluftstrecken zwischen den Seilen, Leiterseilen und dem Mast sowie anderen geerdeten Anlagenteilen oder zum Boden müssen eingehalten werden. Durch besondere Ausführung der Masten und Spannfelder mit geringem Durchhang kann eine deutliche Verringerung des Abstandes zwischen Leiterseilen und Stromkreisen erreicht werden.

Wirksamkeit: Die Wirksamkeit ist hoch. Sie wird allerdings von anderen Anlagenparametern beeinflusst und ist abhängig vom Abstand zu den Leitern.

Hinweise: Kurze Luftstrecken können in Abhängigkeit von der Spannungsebene Geräuschemission durch Koronaeffekte fördern und besondere Maßnahmen bei der Wartung, zum Beispiel der Besteigbarkeit, erfordern, wenn mehr als ein System an einem Mast geführt wird. Die Maßnahme wird beeinflusst durch die Ausschwingweite und die Mindestisolierluftstrecke der Leiterseile. Bei einer neu zu bauenden Leitung verursachen minimierte Seilabstände nur geringen zusätzlichen Aufwand.

5.2.1.4 Optimieren der Mastkopfgeometrie

Zwischen möglichen Masttypen, wie zum Beispiel Ein-, Zwei-, Dreiebenen-Mast, wird derjenige ausgewählt, dessen Mastkopfbild eine für die Kompensation von entstehenden elektrischen und

magnetischen Feldern geometrisch günstige Aufhängung der Leiterseile ermöglicht. Die wesentlichen Unterschiede der verschiedenen Masttypen bestehen in den geometrischen Anordnungsmöglichkeiten der Leiterseile, vorzugsweise horizontal oder vertikal. Dabei ist für die Kompensation von elektrischen und magnetischen Feldern grundsätzlich eine vertikale Anordnung der Außenleiterseile günstiger als eine horizontale.

Voraussetzungen: Bei Neubau können der Masttyp und damit die Mastkopfgeometrie festgelegt werden. Bei Neubau und insbesondere wesentlicher Änderung können technische Randbedingungen, wie das Mitführen mehrerer Systeme, die Wahlmöglichkeiten einschränken.

Wirksamkeit: Die Wirksamkeit ist hoch.

Hinweise: Der zusätzliche Aufwand für einen Masttyp mit günstiger Mastgeometrie kann schon bei Neubau zum Beispiel aufgrund unterschiedlicher Masthöhen erheblich sein. Bei wesentlicher Änderung kann die Wahl eines günstigeren Masttyps oft an technische Grenzen stoßen.

5.2.1.5 Optimieren der Leiteranordnung

Bei einer vorgegebenen geometrischen Seilanordnung wird die Anschlussreihenfolge der Wechselstromleiter an die Seile so gewählt, dass sich die von den einzelnen Leiterseilen ausgehenden elektrischen und magnetischen Felder bestmöglich kompensieren.

Voraussetzungen: Es muss mehr als ein Stromkreis auf dem Mast installiert sein. Bei Neubau kann die Maßnahme durchgeführt werden; bei wesentlicher Änderung ist sie möglich, wenn ein längerer Leitungsabschnitt oder die gesamte Leitung betroffen ist.

Wirksamkeit: Die Wirksamkeit ist hoch und wird von anderen Anlagenparametern, wie dem Mastkopfbild oder dem Leiterseilabstand beeinflusst. Geringe Leiterabstände erhöhen die Wirksamkeit. Zudem ist die relative Wirksamkeit abhängig vom Abstand zu den Leiterseilen. Sie ist vor allem im Einwirkungsbereich örtlich sehr variabel und kann punktuell deutlich schwanken.

Hinweise: Die optimale Leiteranordnung kann für den Nah- und Fernbereich unterschiedlich sein. Eine für den Fernbereich optimale Phasenordnung kann in Abhängigkeit von anderen Anlagenparametern wie dem Bodenabstand der Leiterseilhöhe in der Trasse örtlich begrenzt eine entgegengesetzte Wirkung haben. Der zusätzliche Aufwand für eine neu zu bauende Leitung ist gering. In kurzen Leitungsabschnitten ist eine Änderung der Leiteranordnung meist mit einem erheblichen Aufwand verbunden.

5.2.2 Bahnstromerkabel

5.2.2.1 Minimieren der Kabelabstände

Die Kabel werden mit möglichst geringem Abstand zueinander verlegt; hierzu gehört auch die Minimierung der Kabelabstände innerhalb eines Stromkreises und zu anderen Stromkreisen.

Voraussetzungen: Die Maßnahme ist bei allen Erdkabelsystemen möglich. Wird ein Stromkreis in einem einzigen Kabel geführt, kann der Abstand zu anderen Stromkreisen minimiert werden. Die Maßnahme kann bei Neubau grundsätzlich realisiert werden. Mindestkabelabstände können erforderlich sein, um thermische Belastungen der Kabel zu begrenzen.

Wirksamkeit: Die Wirksamkeit ist hoch. Sie wird allerdings von anderen Anlagenparametern beeinflusst und ist abhängig vom Abstand zu den Leitern.

Hinweise: Die Verringerung von Kabelabständen kann zu einer Erwärmung im Boden führen. Der zusätzliche Aufwand bei einer neu zu bauenden Leitung ist gering. Bei einer wesentlichen Änderung hängt der zusätzliche Aufwand von Art und Umfang der geplanten Änderung ab und ist deshalb im Einzelfall zu prüfen.

5.2.2.2 Optimieren der Leiteranordnung

Bei einer vorgegebenen geometrischen Anordnung der einzelnen Kabel wird die Anschlussreihenfolge der Wechselstromleiter an die Erdkabel so gewählt, dass sich die von den Kabeln ausgehenden magnetischen Felder bestmöglich kompensieren.

Voraussetzungen: Die Maßnahme kann durchgeführt werden, wenn mehr als ein Stromsystem in einer Trasse verlegt ist und die geometrische Anordnung der einzelnen Kabel gleich bleibt, wie bei der Verlegung von Einleiterkabeln. Bei Neubau kann die Maßnahme durchgeführt werden; bei wesentlicher Änderung ist sie möglich, wenn ein längerer Leitungsabschnitt oder die gesamte Leitung betroffen ist.

Wirksamkeit: Die Wirksamkeit ist hoch und wird von anderen Anlagenparametern, wie der geometrischen Anordnung der einzelnen Kabel oder dem Leiterabstand beeinflusst. Geringe Leiterabstände erhöhen die Wirksamkeit dieser Maßnahme.

Hinweise: Der zusätzliche Aufwand bei einer neu zu bauenden Leitung ist gering. In kurzen Leitungsabschnitten ist eine Änderung der Leiteranordnung meist mit einem erheblichen Aufwand verbunden.

5.2.2.3 Optimieren der Verlegegeometrie

Kabel werden so verlegt, dass die relative Position der Einzeladern eine bestmögliche Kompensation der entstehenden magnetischen Felder ermöglicht. Die Adern eines Systems können gemeinsam in einem Kabel oder einzeln in getrennt verlegten Kabeln geführt werden. Für die Kompensation ist die Führung in einem gemeinsamen Kabel oder die vertikale Anordnung von Einzelkabeln vorteilhaft. Zusätzlich können Kabel mit kleinerem Kabelquerschnitt verdreht werden.

Voraussetzungen: Die Maßnahme ist vor allem bei Einleiterkabeln möglich und kann bei Neubau festgelegt werden. Bei wesentlicher Änderung kann die Wahl einer alternativen Verlegegeometrie an technische Grenzen stoßen.

Wirksamkeit: Durch die Wahl einer günstigen Verlegegeometrie kann die Immission im Einwirkungsbereich deutlich gegenüber einer ungünstigen Geometrie verringert werden. Die Verdrehung trägt in Abhängigkeit von der Schlaglänge zur Minimierung bei. Die Wirksamkeit der Maßnahme ist deshalb als hoch einzuschätzen. Sie wird allerdings von anderen Anlagenparametern, wie bei nicht verdrehten Leitern vom Leiterabstand, beeinflusst.

Hinweise: Übereinander verlegte oder verdrehte Kabel können besondere Maßnahmen bei der Entstörung erfordern. Der zusätzliche Aufwand für eine spezielle Verlegegeometrie kann schon bei Neubau erheblich sein. Bei wesentlicher Änderung wird die Wahl einer günstigeren Geometrie in Abhängigkeit von der Spannungsebene oft an technische Grenzen stoßen.

5.2.2.4 Optimieren der Verlegetiefe

Die Erdkabel werden tief im Boden verlegt.

Voraussetzungen: Die Bodenbeschaffenheit und die vor Ort vorhandene Infrastruktur müssen für eine tiefe Verlegung geeignet sein. Die Maßnahme ist bei allen Bahnstromerkabeln möglich. Die Maßnahme kann bei Neubau realisiert werden.

Wirksamkeit: Die Wirksamkeit hängt von der Verlegetiefe ab. Grundsätzlich ist sie in Trassennähe hoch und nimmt mit zunehmendem Abstand zur Trasse ab.

Hinweise: Bei größerer Verlegetiefe verschlechtert sich die Wärmeabfuhr mit möglichen Konsequenzen für Kabel und Boden. Der zusätzliche Aufwand ist abhängig von den Gegebenheiten im Einzelfall.

5.2.3 Bahnstromoberleitungen

5.2.3.1 Abstandsoptimierung

Feldverursachende Anlagenteile, wie Verstärkungs- oder Speiseleitungen, sind innerhalb des Betriebsgeländes mit größtmöglicher Distanz zu maßgeblichen Minimierungsorten zu errichten. Möglich ist zum Beispiel die erhöhte Anbringung und geeignete Ausrichtung von Querträgern.

Voraussetzungen: Die Maßnahme kann bei Neubau und wesentlicher Änderung grundsätzlich realisiert werden.

Wirksamkeit: Die Wirksamkeit liegt im mittleren Bereich.

Hinweise: Der Aufwand kann abhängig vom Umfang der Maßnahme erheblich steigen. Die Maßnahme kann zu deutlich höheren Masten führen. Erhöhter Aufwand kann bei der Instandhaltung entstehen (Instandhaltungsfahrzeuge ggf. nicht einsetzbar), was zu einer Reduzierung der Verfügbarkeit der Anlage führen kann.

5.2.3.2 Minimieren der Distanzen zwischen zu- und rückfließenden Strömen durch Einsatz von Auto-Transformatoren

Ein möglichst hoher Anteil des Rückstroms wird aus Gleis und Erdreich ferngehalten und mit möglichst geringer Distanz zu den Anlagenteilen geführt, die die höchsten zufließenden Ströme leiten wie Speise- und Verstärkungsleitungen sowie Fahrdrähte.

Voraussetzungen: Die Maßnahme kann bei Neubau realisiert werden. Alle Maßnahmen können auf Teilstrecken begrenzt werden.

Wirksamkeit: Die Wirksamkeit ist grundsätzlich hoch. In Abschnitten, in denen sich ein Zug befindet, hat die Maßnahme keinen Effekt. Der Gesamteffekt ist damit abhängig von der Streckenauslastung und der Länge der Auto-Transformator Abschnitte.

Hinweise: Bei Auto-Transformator-Systemen wird zusätzlich eine Speiseleitung mit -15 kV benötigt. Durch das Einfügen einer zusätzlichen Spannungsebene wird die Komplexität des Systems deutlich erhöht. Dadurch steigt der technische Aufwand für zusätzlich benötigte Anlagenteile sowie durch Auto-Transformator-Schaltanlagen an beiden Enden des Streckenabschnitts. Die zusätzlichen Leitungen können die Instandhaltung erschweren und die Verfügbarkeit senken. Der zusätzliche Aufwand wie stabilere Maste und größere Fundamente kann erheblich sein.

5.2.3.3 Minimieren der Distanzen zwischen zu- und rückfließenden Strömen durch Einsatz von Booster-Transformatoren ohne Isolierstöße

Ein möglichst hoher Anteil des Rückstroms wird aus Gleis und Erdreich ferngehalten und mit möglichst geringer Distanz zu den Anlagenteilen geführt, die die höchsten zufließenden Ströme leiten wie Speise- und Verstärkungsleitungen sowie Fahrdrähte.

Voraussetzungen: Die Maßnahme kann bei Neubau realisiert werden. Alle Maßnahmen können auf Teilstrecken begrenzt werden.

Wirksamkeit: Die Wirksamkeit ist grundsätzlich hoch. In Abschnitten, in denen sich ein Zug befindet, hat die Maßnahme keinen Effekt. Der Gesamteffekt ist damit abhängig von der Streckenauslastung und der Länge der Booster-Transformator Abschnitte.

Hinweise: Der Booster führt zu einer Erhöhung der Impedanzen und damit zu einer Verkürzung der Unterwerksabstände und zu zusätzlichen Streckentrennungen mit dem damit verbundenen Aufwand.

5.2.3.4 Minimieren der Distanzen zwischen zu- und rückfließenden Strömen durch Installation eines Rückleiterseils ohne Isolierstöße

Ein möglichst hoher Anteil des Rückstroms wird aus Gleis und Erdreich ferngehalten und mit möglichst geringer Distanz zu den Anlagenteilen geführt, die die höchsten zufließenden Ströme leiten wie Speise- und Verstärkungsleitungen und Fahrdrähte.

Voraussetzungen: Die Maßnahme kann bei Neubau realisiert werden. Alle Maßnahmen können auf Teilstrecken begrenzt werden.

Wirksamkeit: Die Wirksamkeit ist hoch.

Hinweise: Der Aufwand für die Mitführung von Rückleiterseilen steigt mit der Länge der Mitführung, aber er wird bei Streckenabschnitten bis zu einem Kilometer als moderat eingeschätzt. Bei wesentlicher Änderung ist der zusätzliche Aufwand abhängig von Umfang und Art der geplanten Änderung, von den räumlichen Gegebenheiten und vom bestehenden Anlagentyp. So kann das Verschieben von bestehenden Rückleiterseilen nahe an die Anlagenteile mit den höchsten zufließenden Strömen einen geringen zusätzlichen Aufwand bedeuten, wenn die bestehende Mastkonstruktion geeignet ist.

5.2.3.5 Minimieren des Fahrstroms

Die Streckenabschnitte werden zweiseitig gespeist.

Voraussetzungen: Die Maßnahme kann bei Neubau oder wesentlicher Änderung immer realisiert werden. Erforderlich ist auf beiden Seiten ein Anschluss an ein Unterwerk oder Schaltposten.

Wirksamkeit: Die Wirksamkeit ist hoch.

Hinweise: Im Falle einer Stichstrecke ist der zusätzliche Aufwand hoch, da zusätzlich ein Unterwerk oder Schaltposten gebaut werden müssen, je nachdem ob 110 kV oder 15 kV Bahnenergie zur Verfügung stehen.

5.2.4 Bahnstromnebenanlagen

Bemerkung: Bahnstromnebenanlagen sind zum Beispiel Unter- und Umrichterwerke.

5.2.4.1 Abstandsoptimierung

Feldverursachende Anlagenteile werden innerhalb des Betriebsgeländes oder des Betriebsgebäudes mit größtmöglicher Distanz zu maßgeblichen Minimierungsorten errichtet; hierzu zählt auch die Erhöhung der Portale für zu- und abführende Freileitungen.

Voraussetzungen: Die Maßnahme kann bei Neubau und wesentlicher Änderung realisiert werden.

Wirksamkeit: Die Wirksamkeit ist von Art und Umfang der Maßnahme abhängig.

Hinweise: Bei wesentlicher Änderung kann der Aufwand abhängig vom Umfang der geplanten Änderung im Vergleich zum Neubau erheblich steigen.

5.2.4.2 Minimieren der Distanzen zwischen Betriebsmitteln

Betriebsmittel oder Betriebsmittelelemente werden möglichst nah zusammen kompakt aufgebaut, damit sich die elektrischen und magnetischen Felder bestmöglich kompensieren.

Voraussetzungen: Die Maßnahme kann bei Neubau unter Einhaltung der technischen Randbedingungen realisiert werden. Bei wesentlicher Änderung sind die räumlichen Gegebenheiten und der Umfang der vorgesehenen Änderungen entscheidend. Mindestisolierluftstrecken zwischen Betriebsmitteln oder Betriebsmittelelementen mit unterschiedlichen elektrischen Potenzialen müssen eingehalten werden.

Wirksamkeit: Die Wirksamkeit ist vom Umfang der Maßnahme abhängig. Sie wird von anderen Anlagenparametern beeinflusst und ist abhängig vom Abstand der Leiter.

Hinweise: Geringe Distanzen zwischen Betriebsmitteln oder Betriebsmittelelementen, die unterschiedlichen Stromkreisen zugeordnet sind, können sich nachteilig auf die Verfügbarkeit auswirken. Der zusätzliche Aufwand ist bei Neubau niedrig. Bei wesentlicher Änderung ist der zusätzliche Aufwand abhängig vom Umfang der geplanten Änderung und von den räumlichen Gegebenheiten.

5.3 Energieübertragungsanlagen mit 50 Hertz

5.3.1 Drehstromfreileitungen

5.3.1.1 Abstandsoptimierung

Ziel der Maßnahme ist es, die Distanz der Leiterseile zu maßgeblichen Minimierungsorten zu vergrößern. Zum Boden wird die Distanz zum Beispiel durch die Erhöhung der Masten oder die Verringerung der Spannfeldlängen vergrößert. Wird ein Stromkreis auf einer von einem maßgeblichen Minimierungsort abgewandten Traverse - Querausleger - geführt, verringert dies die Immission an diesem Ort.

Voraussetzungen: Die Bodenbeschaffenheit muss geeignete Mastfundamente ermöglichen, wenn die Masten erhöht werden. Der Bodenabstand der Leiterseile kann bei Neubau planerisch festgelegt werden.

Wirksamkeit: Grundsätzlich ist sie in Trassennähe hoch und nimmt mit zunehmendem Abstand zur Trasse ab.

Hinweise: Die Wirksamkeit der Erhöhung des Bodenabstandes kann in Abhängigkeit von anderen Anlagenparametern, wie der Phasenordnung bei Masten mit mehr als einem Stromkreis, in der Trasse sehr variabel sein und örtlich begrenzt eine entgegengesetzte Wirkung haben. Der zusätzli-

che Aufwand hängt von der jeweils realisierten Maßnahme ab. Er ist zum Beispiel für Masterhöhen bei einer neu zu bauenden Leitung niedrig. Mit zunehmendem Bodenabstand steigt der Aufwand stark an.

5.3.1.2 Elektrische Schirmung

Elektrisch leitfähige Schirmflächen oder -leiter werden vorzugsweise zwischen den spannungsführenden Leitungsteilen und einem maßgeblichen Minimierungsort als Bestandteil der Anlage eingefügt; hierzu zählt auch das Mitführen von Erdleiterseilen.

Voraussetzungen: Die baulichen Voraussetzungen müssen erfüllt sein, damit die zusätzlichen Leitungs- und Zubehöriteile angebracht werden können. Mindestisolierluftstrecken zwischen den Schirmen und den spannungsführenden Leiterseilen und der Mindestbodenabstand müssen eingehalten werden.

Wirksamkeit: Die Maßnahme wirkt überwiegend auf die elektrische Feldstärke. Die Wirksamkeit ist abhängig von der Art und Ausführung, in der Regel aber niedrig.

Hinweise: Das Einbringen zusätzlicher Seile erfordert in den meisten Fällen wegen zu gewährleistendem Bodenabstand eine Erhöhung des Mastes und damit verbunden eine Überprüfung der Statik und gegebenenfalls bauliche Anpassungen. Der zusätzliche Aufwand ist bei Neubau und wesentlicher Änderung abhängig von der geplanten Ausführung und von der Länge des zu schirmenden Leitungstücks.

5.3.1.3 Minimieren der Seilabstände

Die Abstände zwischen den Leiterseilen werden minimiert; hierzu gehört auch die Minimierung der Seilabstände innerhalb eines Stromkreises und zu anderen Stromkreisen.

Voraussetzungen: Die Maßnahme ist bei allen Leitungen möglich und kann bei Neubau realisiert werden. Immer wenn die Mastkopfbilder geändert werden sollen, ist die Maßnahme auch bei einer wesentlichen Änderung möglich. Mindestisolierluftstrecken zwischen den Seilen, zwischen Leiterseilen und dem Mast sowie anderen geerdeten Anlagenteilen oder zum Boden müssen eingehalten werden. Durch besondere Ausführung der Masten und Spannungsfelder bei geringem Durchhang kann eine deutliche Verringerung des Abstandes zwischen Leiterseilen und Stromkreisen erreicht werden.

Wirksamkeit: Die Wirksamkeit ist hoch. Sie wird allerdings von anderen Anlagenparametern beeinflusst und ist abhängig vom Abstand zu den Leitern.

Hinweise: Kurze Luftstrecken können in Abhängigkeit von der Spannungsebene Geräuschemission durch Koronaeffekte fördern und besondere Maßnahmen bei der Wartung, zum Beispiel zur Besteigbarkeit, erfordern, wenn mehr als ein System an einem Mast geführt wird. Die Maßnahme wird beeinflusst durch die Ausschwingweite und die Mindestisolierluftstrecke der Leiterseile. Bei einer neu zu bauenden Leitung verursachen minimierte Seilabstände nur geringen zusätzlichen Aufwand.

5.3.1.4 Optimieren der Mastkopfgeometrie

Zwischen möglichen Masttypen, wie zum Beispiel Tonnenmast und Donaumast, wird derjenige ausgewählt, dessen Mastkopfbild eine für die Kompensation von entstehenden elektrischen und magnetischen Feldern geometrisch günstige Aufhängung der Leiterseile ermöglicht. Die wesentlichen Unterschiede der verschiedenen Masttypen bestehen in den geometrischen Anordnungsmöglichkeiten der Leiterseile, die horizontal, vertikal oder dreieckförmig sein können. Dabei ist für die

Kompensation von elektrischen und magnetischen Feldern grundsätzlich eine vertikale Anordnung der Außenleiterseile günstiger als eine horizontale.

Voraussetzungen: Bei Neubau können der Masttyp und damit die Mastkopfgeometrie festgelegt werden. Bei Neubau und insbesondere wesentlicher Änderung können technische Randbedingungen wie die Mitführung mehrerer Systeme die Wahlmöglichkeiten einschränken.

Wirksamkeit: Die Wirksamkeit ist hoch.

Hinweise: Der zusätzliche Aufwand für einen Masttyp mit günstiger Mastgeometrie kann schon bei Neubau zum Beispiel aufgrund unterschiedlicher Masthöhen erheblich sein. Bei wesentlicher Änderung kann die Wahl eines günstigeren Masttyps oft an technische Grenzen stoßen.

5.3.1.5 Optimieren der Leiteranordnung

Bei einer vorgegebenen geometrischen Seilanordnung wird die Anschlussreihenfolge der Drehstromleiter an die Seile so gewählt, dass sich die von den einzelnen Leiterseilen ausgehenden elektrischen und magnetischen Felder bestmöglich kompensieren.

Voraussetzungen: Es muss mehr als ein Stromkreis auf dem Mast installiert sein. Bei Neubau kann die Maßnahme durchgeführt werden; bei wesentlicher Änderung ist sie möglich, wenn ein längerer Leitungsabschnitt oder die gesamte Leitung betroffen ist.

Wirksamkeit: Die Wirksamkeit ist hoch und wird von anderen Anlagenparametern, wie dem Mastkopfbild oder dem Leiterseilabstand beeinflusst. Geringe Leiterabstände erhöhen die Wirksamkeit. Zudem ist die relative Wirksamkeit abhängig vom Abstand zu den Leiterseilen. Sie ist vor allem im Einwirkungsbereich örtlich sehr unterschiedlich und kann punktuell deutlich schwanken.

Hinweise: Die optimale Leiteranordnung kann für das elektrische und magnetische Feld und für den Nah- und den Fernbereich unterschiedlich sein. Weil sie auch von den Lastflussrichtungen der Einzelsysteme abhängt, kann sich die Leitung nach einer Lastflussumkehr in einem Stromkreis in einem nicht optimierten Zustand befinden. Der zusätzliche Aufwand für eine neu zu bauenden Leitung ist gering. In kurzen Leitungsabschnitten ist eine Änderung der Leiteranordnung meist mit einem erheblichen Aufwand verbunden.

5.3.2 Drehstromkabel

5.3.2.1 Minimieren der Kabelabstände

Die Kabel werden mit möglichst geringem Abstand zueinander verlegt; hierzu gehört auch die Minimierung der Kabelabstände innerhalb eines Stromkreises und zu anderen Stromkreisen.

Voraussetzungen: Die Maßnahme ist bei allen Erdkabelsystemen möglich. Wird ein Stromkreis in einem einzigen Kabel geführt, kann der Abstand zu anderen Stromkreisen minimiert werden. Die Maßnahme kann bei Neubau grundsätzlich realisiert werden. Mindestkabelabstände können erforderlich sein, um thermische Belastungen der Kabel zu begrenzen.

Wirksamkeit: Die Wirksamkeit ist hoch und wird von anderen Anlagenparametern beeinflusst und ist abhängig vom Abstand zu den Leitern.

Hinweise: Die Verringerung von Kabelabständen kann zu einer Erwärmung im Boden führen. Der zusätzliche Aufwand bei einer neu zu bauenden Leitung ist gering.

5.3.2.2 Optimieren der Leiteranordnung

Bei einer vorgegebenen geometrischen Anordnung der einzelnen Kabel wird die Anschlussreihenfolge der Drehstromleiter an die Erdkabel so gewählt, dass sich die von den Kabeln ausgehenden magnetischen Felder bestmöglich kompensieren.

Voraussetzungen: Die Maßnahme kann durchgeführt werden, wenn mehr als ein Stromkreis in einer Trasse verlegt ist und die geometrische Anordnung der einzelnen Kabel gleich bleibt, wie bei der Verlegung von Einleiterkabeln. Bei Neubau kann die Maßnahme durchgeführt werden; bei wesentlicher Änderung ist sie möglich, wenn ein längerer Leitungsabschnitt oder die gesamte Leitung betroffen ist.

Wirksamkeit: Die Wirksamkeit ist hoch und wird von anderen Anlagenparametern, wie der geometrischen Anordnung der einzelnen Kabel oder dem Leiterabstand beeinflusst. Geringe Leiterabstände erhöhen die Wirksamkeit dieser Maßnahme.

Hinweise: Bei einer Leistungsflussumkehr in einem Stromkreis kann sich die Anlage in einem nicht optimierten Zustand hinsichtlich des Magnetfeldes befinden. Der zusätzliche Aufwand bei einer neu zu bauenden Leitung ist gering. In kurzen Leitungsabschnitten ist eine Änderung der Leiteranordnung meist mit einem enormen Aufwand verbunden.

5.3.2.3 Optimieren der Verlegegeometrie

Kabel werden so verlegt, dass die relative Position der einzelnen Kabel eine bestmögliche Kompensation der entstehenden magnetischen Felder ermöglicht. Sie können in einer Ebene - horizontal oder vertikal - oder im Dreieck verlegt werden. Für die Kompensation ist eine Anordnung im Dreieck günstig. Zusätzlich können Kabel mit kleinerem Kabelquerschnitt verdreht werden.

Voraussetzungen: Die Optimierung der Verlegegeometrie ist vor allem bei Einleiterkabeln möglich. Bei Neubau kann die optimale Verlegegeometrie festgelegt werden; bei wesentlicher Änderung kann die Wahl einer alternativen Verlegegeometrie an technische Grenzen stoßen. Die Anforderungen an die Wärmeableitung können eine Flachverlegung der Kabel erfordern.

Wirksamkeit: Durch die Wahl einer günstigen Verlegegeometrie kann die Immission im Einwirkungsbereich deutlich gegenüber einer ungünstigen Geometrie verringert werden. Die Wirksamkeit der Maßnahme ist deshalb als hoch einzuschätzen. Sie wird allerdings von anderen Anlagenparametern, wie z. B. bei nicht verdrehten Kabeln vom Leiterabstand beeinflusst. Die Verdrehung trägt in Abhängigkeit von der Schlaglänge zur Minimierung bei.

Hinweise: Übereinander verlegte oder verdrehte Kabel können besonderen Aufwand bei der Entstörung erfordern. Außerdem ist der Abstand der Erdkabel zueinander vom Wärmeableitvermögen des umgebenden Erdreichs oder des Ersatzfüllguts abhängig. Der zusätzliche Aufwand für eine spezielle Verlegegeometrie kann schon bei einem Neubau erheblich sein. Bei wesentlicher Änderung wird die Wahl einer günstigeren Geometrie in Abhängigkeit von der Spannungsebene oft an technische Grenzen stoßen.

5.3.2.4 Optimieren der Verlegetiefe

Die Erdkabel werden tief im Boden verlegt.

Voraussetzungen: Die Bodenbeschaffenheit und die vor Ort vorhandene Infrastruktur müssen für eine tiefe Verlegung geeignet sein. Die Maßnahme ist bei allen Drehstromerdkabeln möglich und kann bei Neubau realisiert werden.

Wirksamkeit: Die Wirksamkeit hängt von der Verlegetiefe ab. In Trassennähe ist sie hoch und nimmt mit zunehmendem Abstand zur Trasse ab.

Hinweise: Bei größerer Verlegetiefe verschlechtert sich die Wärmeabfuhr mit möglichen Konsequenzen für Kabel und Boden.

5.3.3 Drehstromumspann- und Drehstromschaltanlagen ab Mittelspannung und höher, Umrichter- und Kompensationsanlagen

5.3.3.1 Abstandsoptimierung

Feldverursachende Anlagenteile werden innerhalb des Betriebsgeländes oder des Betriebsgebäudes mit größtmöglicher Distanz zu maßgeblichen Minimierungsorten errichtet; hierzu zählt auch die Erhöhung der Portale für zu- und abführende Freileitungen.

Voraussetzungen: Die Maßnahme kann bei Neubau und wesentlicher Änderung realisiert werden.

Wirksamkeit: Die Wirksamkeit ist vom Umfang der Maßnahme abhängig.

Hinweise: Bei wesentlicher Änderung kann der Aufwand abhängig vom Umfang der geplanten Änderung im Vergleich zum Neubau erheblich steigen. Praktische Erfahrungen liegen nicht vor.

5.3.3.2 Minimieren der Distanzen zwischen Betriebsmitteln mit unterschiedlicher Phasenbelegung

Betriebsmittel oder Betriebsmittelelemente, die Spannungen und Ströme mit unterschiedlicher Phase führen wie Stromschienen und Schaltfelder, werden möglichst nah zusammen kompakt aufgebaut, damit sich die elektrischen und magnetischen Felder bestmöglich kompensieren.

Voraussetzungen: Die Maßnahme kann bei Neubau unter Einhaltung der technischen Randbedingungen realisiert werden. Bei wesentlicher Änderung sind die räumlichen Gegebenheiten und der Umfang der vorgesehenen Änderungen entscheidend. Mindestisolierluftstrecken zwischen Betriebsmitteln oder Betriebsmittelelementen mit unterschiedlichen elektrischen Potenzialen müssen eingehalten werden.

Wirksamkeit: Die Wirksamkeit ist vom Umfang der Maßnahme abhängig. Sie wird von anderen Anlagenparametern beeinflusst und ist abhängig vom Abstand zwischen den Betriebsmitteln.

Hinweise: Geringe Distanzen zwischen Betriebsmitteln oder Betriebsmittelelementen, die unterschiedlichen Stromkreisen zugeordnet sind, können sich nachteilig auf die Verfügbarkeit auswirken. Der zusätzliche Aufwand ist bei Neubau niedrig.

5.3.4 Ortsnetzumspannstationen

5.3.4.1 Abstandsoptimierung

Feldverursachende Anlagenteile werden innerhalb des Betriebsraums mit größtmöglicher Distanz zu maßgeblichen Minimierungsorten errichtet; hierzu gehören die Ausrichtung der Niederspannungsseite von Transformatoren auf eine von maßgeblichen Minimierungsorten abgewandten Seite des Betriebsraums sowie das Verlegen von Leitungen auf kurzmöglichstem Weg an den von maßgeblichen Minimierungsorten am weitesten entfernten Wänden oder am Fußboden der Anlage. Bei Maststationen zählt die Erhöhung des Mastes zu den Maßnahmen.

Voraussetzungen: Die Maßnahme kann bei Neubau und wesentlicher Änderung realisiert werden.

Wirksamkeit: Weil von den Leitern der Niederspannungsseite höhere Magnetfelder als von Leitern der Mittelspannungsseite ausgehen, sind Maßnahmen, die die Distanz von Anlagenteile der Niederspannungsseite zu maßgeblichen Minimierungsorten erhöhen, in der Regel effektiver.

Hinweise: Bei wesentlicher Änderung kann der Aufwand abhängig vom Umfang der geplanten Änderung im Vergleich zum Neubau erheblich steigen. Zusätzlich kann sich durch die Umlegung von Betriebsmitteln der Aufwand für die Entstörung und die Instandsetzung erhöhen.

5.3.4.2 Minimieren der Distanzen zwischen Betriebsmitteln mit unterschiedlicher Phasenbelegung

Betriebsmittel oder Betriebsmittelelemente, die Spannungen und Ströme mit unterschiedlicher Phase führen, werden möglichst nah zusammen kompakt aufgebaut, damit sich die elektrischen und magnetischen Felder bestmöglich kompensieren.

Voraussetzungen: Die Maßnahme kann bei Neubau unter Einhaltung der technischen Randbedingungen realisiert werden; bei wesentlichen Änderungen sind die räumlichen Gegebenheiten und der Umfang der vorgesehenen Änderungen entscheidend. Mindestisolierluftstrecken zwischen Betriebsmitteln oder Betriebsmittelelementen mit unterschiedlichen elektrischen Potenzialen müssen eingehalten werden.

Wirksamkeit: Die Wirksamkeit ist im unmittelbaren Umfeld der Anlage hoch.

Hinweise: Der zusätzliche Aufwand ist bei Neubau niedrig. Bei wesentlicher Änderung kann der Aufwand erheblich steigen.

5.3.4.3 Optimieren von Einspeisung und Abgängen der Niederspannungsverteilung

An der Niederspannungsverteilung wird der Anschluss der Leitung vom Transformator so platziert, dass die magnetfeldverursachenden Ströme auf der Niederspannungsverteilung minimiert werden. Die Mitte der Niederspannungsverteilung ist ein günstigerer Anschlussort als deren Seiten.

Voraussetzungen: Die Maßnahme kann bei Neubau und wesentlicher Änderung realisiert werden.

Wirksamkeit: Weil von den Leitern der Niederspannungsseite höhere Magnetfelder als von Leitern der Mittelspannungsseite ausgehen, sind Maßnahmen, die die Distanz von Anlagenteile der Niederspannungsseite zu maßgeblichen Minimierungsorten erhöhen, in der Regel effektiver.

Hinweise: Wenn sich Verbrauch oder Einspeisung in den angeschlossenen Niederspannungsstromkreisen ändern, kann sich die Anlage in einem nicht optimierten Zustand befinden. Der zusätzliche Aufwand ist niedrig.

6. Übergangsregel

Diese allgemeine Verwaltungsvorschrift gilt nicht für bis zum [einfügen: Zeitpunkt des Inkrafttretens der allgemeinen Verwaltungsvorschrift] beantragte Planfeststellungs- und Plangenehmigungsverfahren, für die zu diesem Zeitpunkt ein vollständiger Antrag vorlag.

7. Inkrafttreten

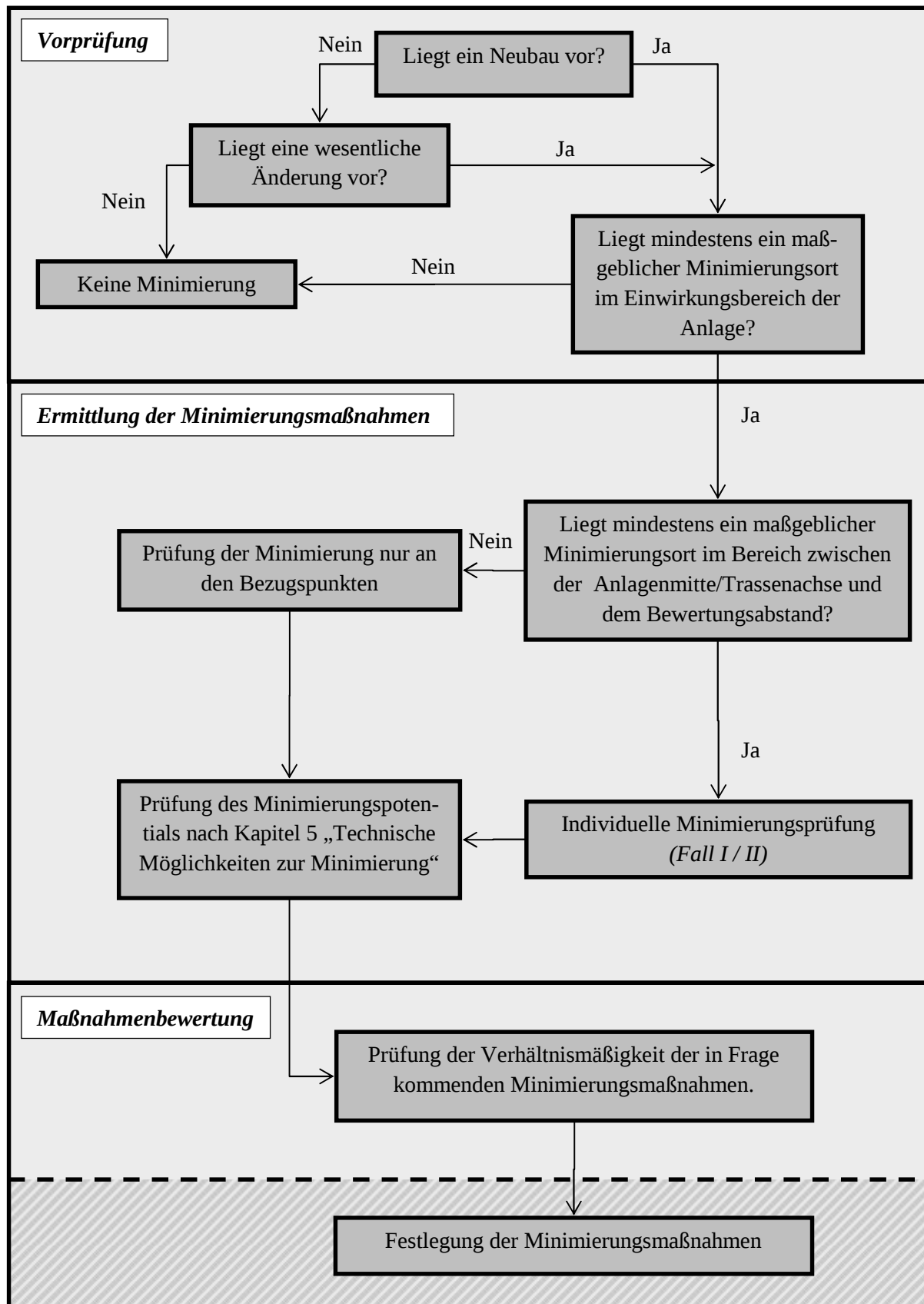
Diese allgemeine Verwaltungsvorschrift tritt am Tag nach der Veröffentlichung in Kraft.

Der Bundesrat hat zugestimmt.

Berlin, den

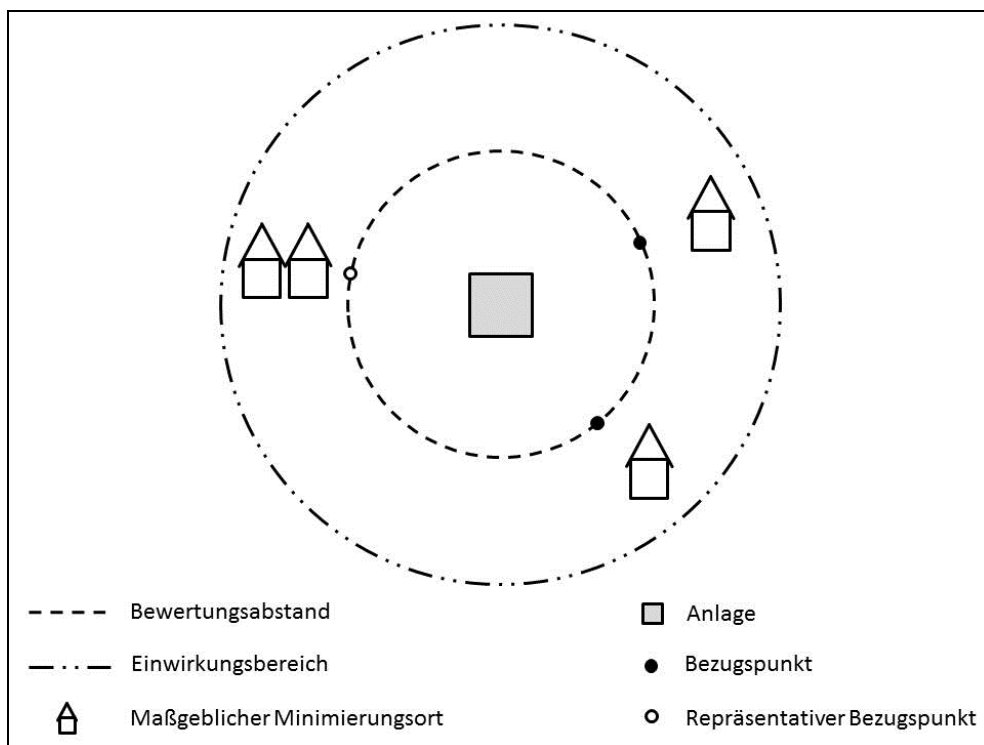
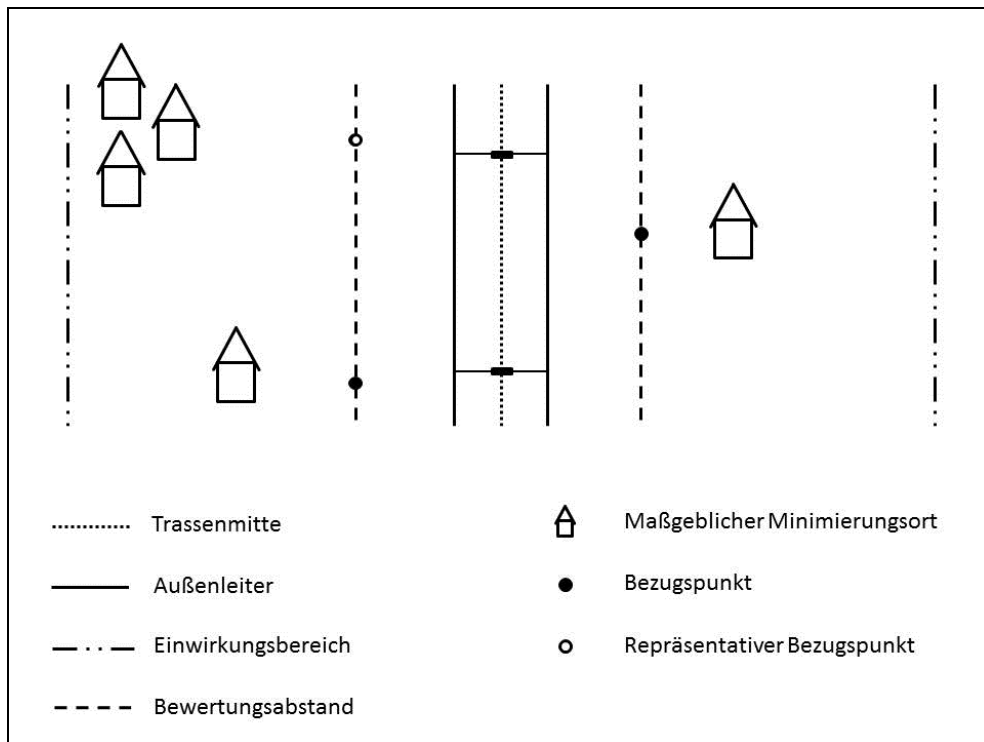
Anhang I zu Ziffer 3.2

Flussdiagramm



Anhang II zu Ziffer 3.2.2.1

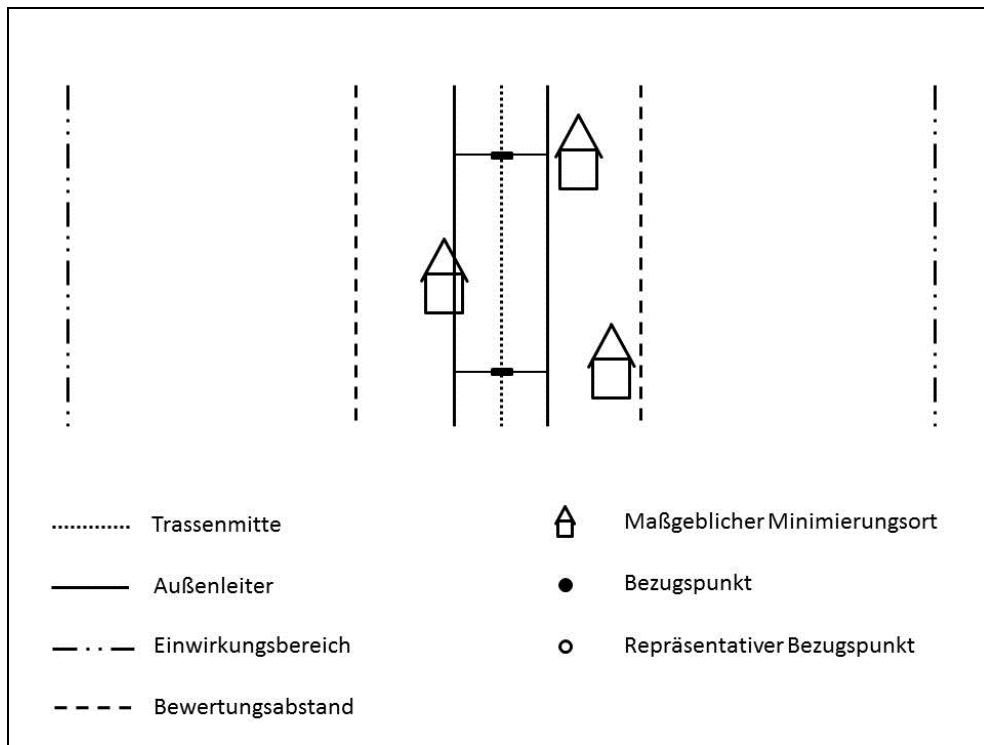
Beispiele für die Ermittlung von Bezugspunkten

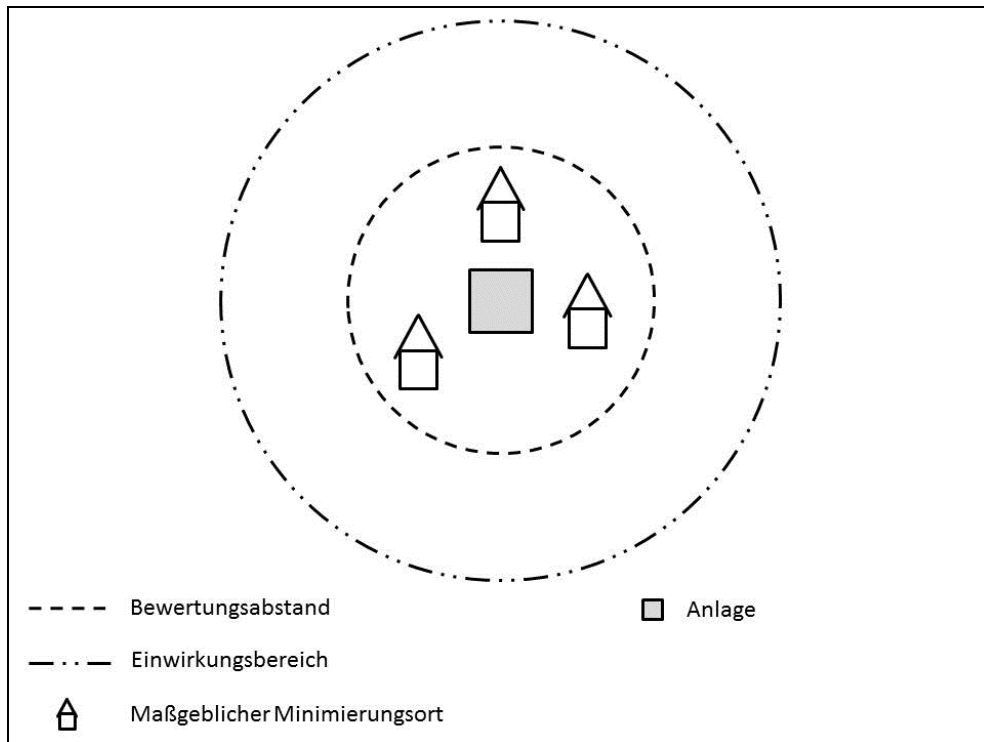


Anhang III zu Ziffer 3.2.2.2

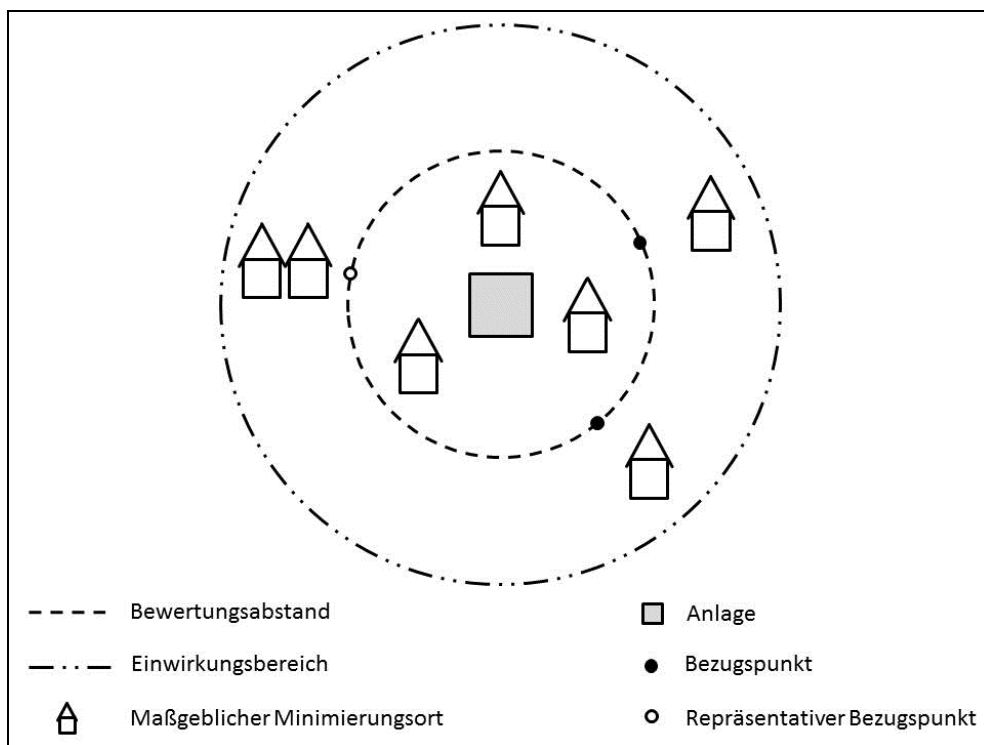
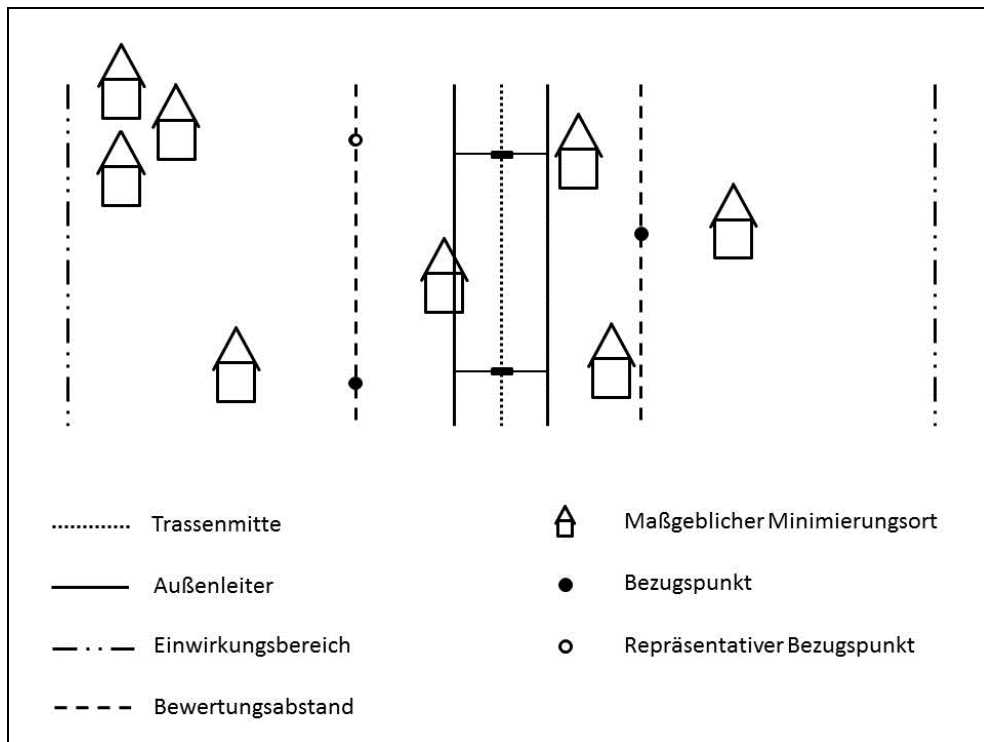
Beispiele für die individuelle Minimierungsprüfung

Beispiele für Fall I





Beispiele für Fall II



Begründung

A. Allgemeiner Teil

I. Ziel der Verwaltungsvorschrift

Die 26. Verordnung zur Durchführung des Bundes-Immissionsschutzgesetzes (Verordnung über elektromagnetische Felder - 26. BImSchV) in der Fassung der Bekanntmachung vom 14. August 2013 legt in § 4 Absatz 2 fest, dass bei Errichtung und wesentlicher Änderung von Niederfrequenz- und Gleichstromanlagen die Möglichkeiten auszuschöpfen sind, die von der jeweiligen Anlage ausgehenden elektrischen und magnetischen Felder nach dem Stand der Technik unter Berücksichtigung von Gegebenheiten im Einwirkungsbereich zu minimieren. Mit dieser Verwaltungsvorschrift, die auf Grundlage des § 48 BImSchG erlassen wird, wird diese Anforderung konkretisiert (§ 4 Absatz 2 Satz 2 26. BImSchV).

II. Rahmenbedingungen der Minimierung

Im Mittelpunkt der Minimierungsbetrachtung steht die allgemeine Bevölkerung. Diese soll durch geeignete technische Maßnahmen an der Anlage so wenig wie möglich von den hiervon ausgehenden elektrischen und magnetischen Feldern exponiert werden. Ob und in welcher Form eine Minimierungsmaßnahme an einer Anlage notwendig ist, hängt jedoch von den Gegebenheiten im Einwirkungsbereich der Anlage ab. Nur wenn sich dort Personen für längere Zeit aufhalten, bedarf es einer Minimierungsprüfung. Dazu werden gezielt die Orte im Einwirkungsbereich einer Anlage betrachtet, an denen sich Menschen bevorzugt längere Zeit oder dauerhaft aufhalten.

Eine Minimierungsmaßnahme kommt nur in Betracht, wenn die Bevölkerung an allen maßgeblichen Minimierungsorten innerhalb des Einwirkungsbereiches davon profitiert, also an keinem der maßgeblichen Minimierungsorte eine Felderhöhung bewirkt wird.

Diese Verwaltungsvorschrift legt die Prüfanforderungen an die nach § 4 Absatz 2 26. BImSchV gebotene Minimierung fest.

III. Erfüllungsaufwand

Die nachfolgenden Ausführungen betreffen einerseits den Erfüllungsaufwand der 26. BImSchVVwV. Darüber hinaus enthalten sie auch Aussagen zum Erfüllungsaufwand des Minimierungsgebotes nach § 4 Absatz 2 der Verordnung über elektromagnetische Felder (26.BImSchV), das mit Inkrafttreten der Novelle der Verordnung am 22. August 2013 neu in die Verordnung aufgenommen worden ist. Seinerzeit konnte diesbezüglich keine fundierte Kostenaussage gemacht werden, da die Konkretisierung der Minimierungspflicht fehlte.

1. Erfüllungsaufwand für die Wirtschaft

Die 26. BImSchVVwV legt ein einheitliches Prüf- und Bewertungsschema für die Minimierung nach § 4 Absatz 2 26. BImSchV fest. Sie führt daher selbst nicht zu einem zusätzlichen Erfüllungsaufwand für die Wirtschaft.

Durch die Minimierungspflicht nach § 4 Absatz 2 26. BImSchV kann dagegen Erfüllungsaufwand im Sinne von § 2 Abs. 1 des Gesetzes zur Einsetzung eines Nationalen Normenkontrollrates vom 14. August 2006 (BGBl. I S. 1866) für Unternehmen (Betreiber von Stromnetzen) entstehen. Dieser Aufwand für die Netzbetreiber entsteht bei jedem Neubau und wesentlicher Änderung durch Prüfung der Notwendigkeit einer Minimierung, Prüfung der in Frage kommenden Minimierungsmöglichkeiten, ihre Bewertung sowie ggf. ihre Durchführung. Durch die technische Umsetzung der Maßnahmen zur Minimierung können Kosten entstehen, die ohne Minimierung nicht angefallen wären. Diese fließen in die Netzausbaukosten ein und werden letztendlich über die Netzentgelte von den Stromverbrauchern getragen.

Es können nur allgemeine Aussagen zu der Höhe der Erfüllungskosten gemacht werden, da diese Verwaltungsvorschrift lediglich die Kriterien der Minimierung für den jeweiligen Einzelfall beschreibt. Ohne jeweilige Einzelfallprüfung der Anlagen können der Umfang der Minimierung und der damit verbundenen Erfüllungsaufwand vorab nur grob abgeschätzt werden. Grundlage dafür sind die Dena-Netzstudie II, die Dena-Verteilnetzstudie, die BMWi-Verteilernetzstudie, die Netzstrukturkennzahlen der Bundesnetzagentur (Stand 2013) sowie Angaben der Netzbetreiber.

Das deutsche Übertragungsnetz hat insgesamt eine Länge von rd. 35 000 km und wird von vier Unternehmen betrieben. Der aktuell bestätigte Netzentwicklungsplan Strom mit dem Zieljahr 2024 umfasst rd. 3 050 km an Optimierungs- und Verstärkungsmaßnahmen in bestehenden Trassen und zusätzlich rd. 2 750 km an kompletten Neubauvorhaben. Der zusätzliche Erfüllungsaufwand durch das Minimierungsgebot des § 4 Abs. 2 26. BImSchV wird von den Übertragungsnetzbetreibern mit ca. 5 % der Projekt- und Planungskosten abgeschätzt. Dabei wird nicht dargelegt, wie weit diese Kosten mit den Kosten identisch sind, die auf der nach dem Fachplanungsrecht vorzunehmenden Abwägung beruhen, also nicht zusätzlich entstehen. Denn bereits vor Inkrafttreten des § 4 Absatz 2 26. BImSchV hatte eine Minimierung unterhalb der Grenzwerte der 26. BImSchV planungsrechtlich zu erfolgen. Aufgrund dessen sind keine ins Gewicht fallenden zusätzlichen Kosten zu erwarten.

Gleiches gilt für die Freileitungen auf der 110-kV-Hochspannungsebene, die nach § 43 EnWG ebenfalls planfeststellungspflichtig sind.

Das Verteilernetz in Deutschland umfasst auf der Mittelspannungsebene insgesamt rd. 405 000 km Erdkabel und 109 000 km Freileitungen. Im Bestand werden voraussichtlich bis 2020 ca. 2 000 km der Erdkabel und 2 200 km der Freileitungen aufgrund von wesentlichen Änderungen von dem Minimierungsgebot des § 4 Absatz 2 der 26. BImSchV betroffen sein. Bis 2020 ist von einem Neubau von insgesamt ca. 34 000 km Erdkabeln und ca. 9 000 km Freileitungen auszugehen. Davon werden voraussichtlich 10 100 km der Erdkabel und 900 km der Freileitungen von dem Minimierungsgebot betroffen sein. Daneben existieren in Deutschland ca. 560 000 Ortsnetzumspannstationen, die sich auf ca. 900 Verteilernetzbetreiber verteilen. Die Betreiber gehen davon aus, dass ca. 5 % der Bestandsanlagen wesentlich geändert werden müssen und somit ca. 28 000 der bestehenden Ortsnetzumspannstationen unter das Minimierungsgebot fallen werden. Dazu kommen ca. 5 500 der ca. 11 000 geplanten neuen Ortsnetzumspannstationen, die bis 2020 errichtet werden sollen. Zusätzlich sind ca. 180 km Erdkabel auf der 110-kV-Hochspannungsebene zu berücksichtigen, da diese im Gegensatz zu den 110-kV-Freileitungen nicht planfestzustellen sind und daher bislang keine Mini-

mierung unterhalb der Grenzwerte der 26. BImSchV planungsrechtlich zu erfolgen hatte. Im Vergleich zu den Investitionskosten wird der Erfüllungsaufwand bei Freileitungen auf Mittelspannungsebene von den Verteilnetzbetreibern grundsätzlich als sehr gering angesehen. Bei den Erdkabeln und Ortsnetzumspannstationen wird von den Betreibern u.a. aufgrund der großen Anzahl der geplanten Projekte für möglich gehalten, dass die Kosten im Vergleich zu den Investitionskosten um bis zu ca. 50 % steigen könnten. Insgesamt könnten sich nach den Schätzungen der Betreiber bis 2020 zusätzliche Kosten von bis zu 300 Mio. € pro Jahr ergeben. Bei diesem Maximumwert wird jedoch nicht der Verhältnismäßigkeitsgrundsatz berücksichtigt. Es ist daher davon auszugehen, dass die Kosten für die Minimierung voraussichtlich deutlich niedriger ausfallen, weil aufgrund der Verhältnismäßigkeitsabwägung im Einzelfall die Investitionskosten nicht mehr als 33 Prozent betragen werden. Der Erfüllungsaufwand wird daher maximal 200 Mio. € pro Jahr betragen.

Die Stromleitungen der Deutschen Bahn AG umfassen insgesamt ca. 7 700 km 110-kV-Bahnstromleitungen und ca. 31 000 km elektrifizierte Streckenlänge mit Oberleitungen. Die Deutsche Bahn AG kalkuliert, dass von den Bahnstromleitungen ca. 120 km pro Jahr erneuert und davon ca. 20 % von dem Minimierungsgebot betroffen sein werden. Im Bereich der Oberleitungen sind für den Zeitraum von 2016 bis 2020 und darüber hinaus zusammen ca. 1 600 km Neubau und wesentliche Änderungen geplant. Der zusätzliche Erfüllungsaufwand wird von der Deutschen Bahn AG ohne Berücksichtigung der Verhältnismäßigkeitsabwägung für die 110-kV-Bahnstromleitungen mit ca. 2 Mio. € pro Jahr und für Oberleitungen mit bis zu 150 Mio. € pro Jahr abgeschätzt. Bei diesem Maximumwert werden aber Minimierungskosten von 150 % über den Investitionskosten zugrunde gelegt. Dies würde jedoch dem Verhältnismäßigkeitsgrundsatz, der eine wirtschaftliche Vertretbarkeit zugrunde legt, widersprechen. Es ist daher davon auszugehen, dass aufgrund der Verhältnismäßigkeitsabwägung im Einzelfall die Investitionskosten nicht mehr als 45 Prozent betragen werden. Insoweit werden die Kosten für die Minimierung voraussichtlich deutlich niedriger ausfallen und für die 110-kV-Bahnstromleitungen bis zu ca. 1 Mio. € pro Jahr und für Oberleitungen bis zu ca. 45 Mio. € pro Jahr betragen. Insgesamt werden die Kosten im Bereich von maximal 46 Mio. € pro Jahr liegen.

2. Erfüllungsaufwand für die Verwaltung

Diese Verwaltungsvorschrift legt für die Verwaltung ein einheitliches Prüf- und Bewertungsschema für die Minimierung fest. Die Vollzugsbehörden werden dadurch in die Lage versetzt, die Anforderungen des § 4 Absatz 2 der 26. BImSchV zeitnah und abschließend zu prüfen. Die allgemeine Verwaltungsvorschrift selbst führt daher nicht zu einem zusätzlichen Erfüllungsaufwand der Verwaltung.

Die aufgrund von § 23 Absatz 1 Nr.1, 2 und 4 in Verbindung mit § 48 b BImSchG erlassene Verordnung über elektromagnetische Felder gilt für immissionsschutzrechtlich nichtgenehmigungsbedürftige Anlagen. Die Verordnung enthält dementsprechend keine Vorgaben für die Überprüfung der Einhaltung des § 4 Absatz 2 der 26. BImSchV. Die Minimierungsregelung hat daher nur dann Erfüllungsaufwand zur Folge, wenn eine Vollzugsbehörde anlassbezogen die Einhaltung des § 4 Absatz 2 26. BImSchV überwacht. Damit ist nur ein Teil der von den Betreibern bis 2020 geschätzten 75 000 Einzelprojekte von einer Prüfung betroffen. Wie hoch dieser Anteil ist, kann nicht beziffert werden, da die Entscheidung einer Prüfung jeweils durch die zuständige Vollzugsbehörde erfolgt. Dabei ist zu unterscheiden, ob eine vereinfachte Prüfung der Minimierungsmaßnahmen nur an den Bezugspunkten oder eine individuelle Minimierungsprüfung durchgeführt wird. Konservativ betrachtet können für eine vereinfachte Prüfung pauschal 2 Sachbearbeiterstunden und für eine in-

dividuelle Minimierungsprüfung pauschal 8 Sachbearbeiterstunden kalkuliert werden. Nach dem Leitfaden zur Ermittlung und Darstellung des Erfüllungsaufwands in Regelungsvorhaben der Bundesregierung (Stand Oktober 2012) betragen die Kosten pro Sachbearbeiterstunde im gehobenen Dienst der Länder 35,10 €. Somit können die Kosten für eine vereinfachte Prüfung bis zu 70,20 € und für eine individuelle Prüfung bis zu 280,80 € betragen. Es ist davon auszugehen, dass sich dieser Prüfaufwand aufgrund von möglichen Anlagenstandardisierungen verringert.

Wird das Minimierungsgebot im Rahmen von Planfeststellungsverfahren geprüft, geht die Überprüfung in die fachplanungsrechtliche Prüfung ein. Nach der Rechtsprechung des Bundesverwaltungsgerichts ist die Möglichkeit der Minimierung der elektrischen und magnetischen Felder auch unterhalb der Grenzwerte der 26. BImSchV in die planungsrechtlich vorzunehmende Abwägungsentcheidung einzubeziehen. Das heißt bereits vor Inkrafttreten des Minimierungsgebotes nach § 4 Absatz 2 26. BImSchV wurde im Rahmen von Planfeststellungsverfahren für Stromnetzanlagen die Möglichkeit einer Feldminimierung planungsrechtlich geprüft. Es lässt sich insoweit nicht feststellen, ob und wenn ja in welcher Höhe das Minimierungsgebot nach § 4 Absatz 2 auf der Basis des nach dieser Verwaltungsvorschrift vorgesehenen Prüfschemas zu einem zusätzlichen Erfüllungsaufwand der Verwaltung in Planfeststellungsverfahren führen wird.

IV. Evaluation

Die Ziele und tatsächlich erzielte Wirkung dieser 26. BImSchVVwV sowie die damit einher gehenden Folgekosten werden fünf Jahre nach Inkrafttreten der 26. BImSchVVwV evaluiert.

B. Besonderer Teil – zu den Einzelvorschriften

I. Zu Kapitel 1 „Anwendungsbereich“

Mit dieser Verwaltungsvorschrift sollen die Anforderungen und Rahmenbedingungen zur Erfüllung des in § 4 Absatz 2 der 26. BImSchV bestimmten Minimierungsgebots für Niederfrequenz- und Gleichstromanlagen, die neu errichtet oder wesentlich geändert werden, festgelegt werden. Sie dient als Grundlage für die Vollzugsbehörden, bundesweit bei der Umsetzung einheitlich zu verfahren.

Die Prüfung möglicher Minimierungsmaßnahmen erfolgt immer individuell für die geplante Anlage einschließlich ihrer geplanten Leistung und für die festgelegte Trasse. Die allgemeine Verwaltungsvorschrift verlangt keine Alternativenprüfung (wie z.B. Erdkabel statt Freileitung, Gleichstrom statt Niederfrequenzanlage, alternative Trassenführung oder Standortalternativen). Das Gleiche gilt für das im Energiewirtschaftsrecht verankerte NOVA Prinzip (Netz-Optimierung vor Verstärkung vor Ausbau). Insgesamt sind sämtliche fachrechtlichen Vorgaben (u.a. die Regelungen des Naturschutzes, insbesondere des Gebiets- und Artenschutzes) zu beachten.

Das Minimierungsgebot nach § 4 Absatz 2 der 26. BImSchV entspricht weder dem Emissionsminimierungsgebot aus Nummer 5.2.7 der TA Luft noch der Dynamisierungsklausel in Nummer 5.2.8 der TA Luft, sondern hat einen anderen, eigenen Regelungsgehalt, der durch diese allgemeine Verwaltungsvorschrift konkretisiert wird.

II. Zu Kapitel 3 Minimierung

Dieses Kapitel umfasst die wesentlichen Rahmenbedingungen unter welchen Voraussetzungen und in welcher Form die Minimierung zu erfolgen hat.

Zu 3.1 Minimierungsziel

Das Ziel des Minimierungsgebotes ist es, die von Niederfrequenz- und Gleichstromanlagen ausgehenden elektrischen und magnetischen Felder so zu minimieren, dass dadurch die Immissionen an den maßgeblichen Minimierungsorten minimiert werden. Liegen mehrere maßgebliche Minimierungsorte innerhalb des Einwirkungsbereiches, werden bei der Minimierung alle maßgeblichen Minimierungsorte gleichrangig betrachtet. Das bedeutet, dass keine Gewichtung zum Beispiel hinsichtlich Anzahl und Alter der Personen, die sich an den maßgeblichen Minimierungsorten aufhalten können, gemacht wird. Ebenso wird nicht zwischen der Art und Nutzung des maßgeblichen Minimierungsortes unterschieden. Eine gewichtete Differenzierung der einzelnen maßgeblichen Minimierungsorte hinsichtlich der Minimierung ist wissenschaftlich nicht begründbar. Zudem sind die Gegebenheiten an den einzelnen maßgeblichen Minimierungsorten einem stetigen Wandel unterworfen. Mit großer Wahrscheinlichkeit würde die durchgeführte Minimierung mit der Zeit nicht mehr der gewollten Gewichtung entsprechen oder könnte ihr sogar entgegenstehen.

Insgesamt kommen nur Maßnahmen als Minimierungsmaßnahme in Betracht, wenn sie nicht zu einer Erhöhung der Immissionen an einem maßgeblichen Minimierungsort führen würden. Das bedeutet, dass durch die Minimierung kein maßgeblicher Minimierungsort schlechter gestellt werden darf als vorher.

Zu 3.2 Vorgehen zur Umsetzung des Minimierungsgebotes

Dieser Abschnitt legt das Vorgehen bei der Festlegung der Minimierung bei einer zu prüfenden Anlage fest. Die Prüfschritte sind hierbei in einem Flussdiagramm in Anhang I dargestellt. Dabei

stellt sich zunächst die Frage nach der Notwendigkeit einer Prüfung der Minimierungsmöglichkeiten. Die Notwendigkeit liegt vor, wenn es sich bei der Anlage um einen Neubau oder eine wesentliche Änderung handelt und innerhalb des Einwirkungsbereiches maßgebliche Minimierungsorte existieren. Dann erfolgt eine Prüfung möglicher Minimierungsmaßnahmen an Hand der in Kapitel 5 aufgeführten technischen Möglichkeiten. Dieser Schritt ist eine reine Prüfung der technischen Minimierungsmöglichkeiten. Andere Aspekte – auch ökonomische – werden erst im Rahmen der Maßnahmenbewertung betrachtet.

Zu 3.2.1.2 Betrachtung des Einwirkungsbereiches

Der Einwirkungsbereich einer Anlage wird definiert als der Bereich, in dem die Anlage signifikante von der Hintergrundexposition abhebende Immissionen verursacht, die sich der jeweiligen Anlage eindeutig zuordnen lassen. Insgesamt ist der Einwirkungsbereich einer Anlage zum einen abhängig von der Hintergrundexposition, die von der Frequenz abhängig ist und örtlich sehr unterschiedlich sein kann, und zum anderen von anlagenbezogenen Faktoren (z. B. Masthöhe, Anzahl der Systeme, Spannungsebene) sowie anlagenunabhängigen Faktoren (z. B. Topografie, Bebauung, Bewuchs). Zur Vermeidung von aufwändigen Mess- und Berechnungsverfahren ist der Einwirkungsbereich für die verschiedenen Anlagentypen über die in der Verwaltungsvorschrift genannten konservativen Pauschalwerte zu bestimmen. Diese Pauschalwerte sind tabellarisch in Metern angegeben und basieren auf der mittleren in Deutschland vorkommenden Hintergrundexposition.

Die Hintergrundexposition setzt sich aus den natürlich und anthropogen hervorgerufenen Feldstärken zusammen. Das natürlich vorkommende statische Erdmagnetfeld beträgt in Deutschland 30 μT bis 60 μT . Das statische elektrische Feld variiert abhängig von der Jahreszeit und der Wetterlage zwischen 0,1 kV/m und 0,3 kV/m. Im Gewitterfeld können deutlich höhere Feldstärken bis 20 kV/m auftreten. Es liegen keine Werte für eine mittlere anthropogene Hintergrundexposition für statische Felder vor. Der größte Beitrag zur Hintergrundexposition bei statischen Feldern wird fast ausschließlich durch die natürlichen Feldstärken erzeugt. Der Einwirkungsbereich von Gleichstromanlagen (außer Gleichstromerkabel) wird im Wesentlichen durch das elektrische Feld bestimmt, da sich aufgrund physikalischer Prozesse Raumladungswolken an den Leiterseilen bilden, die sich durch Windverfrachtung über größere Bereiche erstrecken können.

Bei natürlich vorkommenden niederfrequenten Feldern liegt die Magnetfeldstärke im pT-Bereich ($\ll 1 \mu\text{T}$) und die niederfrequenten elektrischen Felder bei weniger als 1 mV/m (Schumann Resonanz). Der dominierende Beitrag der niederfrequenten Hintergrundexposition wird durch die anthropogen vorkommenden Feldstärken erzeugt, die im Wesentlichen durch die elektrische Hausinstallation und Elektrogeräte verursacht werden. In Deutschland beträgt die niederfrequente anthropogene Magnetfeldstärke im Mittel 0,1 μT und die elektrische Feldstärke weniger als 1 V/m.

Zu 3.2.2 Ermittlung der Minimierungsmaßnahmen

In dem Einwirkungsbereich einer Anlage, der je nach Anlagentyp bis zu mehreren hundert Metern betragen kann, können sich viele maßgebliche Minimierungsorte befinden. Damit alle diese Orte sachgerecht bei der Minimierung betrachtet werden können, jedoch nicht jeder maßgebliche Minimierungsort einzeln bewertet werden muss, wird ein Bewertungsabstand eingeführt. Bei leitungsgeführten Anlagen (Freileitung, Erdkabel) stellt der Bewertungsabstand einen Streifen links und rechts der Anlage dar, der mit der Trasse verläuft. Bei Stationen (z.B. Umspannstationen, Trafoanlagen) verläuft der Bewertungsabstand näherungsweise kreisförmig um die Anlage. Die Bewertungsabstände sind angelehnt an die Abstände, die bereits bei der Überprüfung der Grenzwerte der 26. BImSchV durch die Bundesländer angewendet werden („Hinweise zur Durchführung der Verordnung über elektromagnetische Felder“ der Bund/Länder-Arbeitsgemeinschaft für Immissionsschutz (LAI) in der Fassung des Beschlusses der 128. Sitzung am 17. und 18. September 2014). Im Gegensatz dazu dient der Bewertungsabstand nicht der Überprüfung, ab wann die gesetzlichen Grenzwerte immer sicher eingehalten werden, sondern einer vereinfachten und handhabbaren Umsetzung der Minimierung.

Die größten elektrischen und magnetischen Feldstärken, die von Niederfrequenz- und Gleichstromanlagen erzeugt werden, entstehen bei Freileitungen in der Regel direkt unter den Leiterseilen oder bei Erdkabeln über den Kabeln. Im Nahbereich ist die physikalische Kompensationswirkung der einzelnen Felder, die von jedem Leiterseil/Kabel der Anlage ausgehen, aufgrund der notwendigen Abstände der Leiterseile/Kabel zueinander (z.B. Mindestisolierluftstrecke, thermische Randbedingungen) nicht optimal. Daher nehmen die Feldstärken bei Leitungsanlagen nicht gleichmäßig von der Anlagenmitte/Trassenachse zu den Seiten hin ab und es können im Nahbereich der Anlage höhere Feldstärken als in der Anlagenmitte/Trassenachse auftreten.

Gleiches gilt für Stromrichter-, Umspann- und Schaltanlagen sowie Ortsnetzstationen.

Der Bewertungsabstand berücksichtigt die bessere physikalische Kompensationswirkung der elektrischen und magnetischen Felder in größeren Abständen zu den Leitern. Die Feldstärken nehmen ab dem Bewertungsabstand mit zunehmender Entfernung nur noch weiter ab. Das bedeutet, dass eine Minimierung der Feldstärken im Bewertungsabstand auch immer dazu führt, dass die Feldstärken in größeren Abständen minimiert werden. Zu diesem Zweck wird für jeden maßgeblichen Minimierungsort, der sich weiter als der Bewertungsabstand von einer Anlage entfernt befindet, ein Bezugspunkt gebildet. Dieser Bezugspunkt liegt jeweils im Bewertungsabstand auf der kürzesten Geraden zwischen dem jeweiligen maßgeblichen Minimierungsort und der jeweiligen Anlagenmitte/Trassenachse. Bei dichter Bebauung, d.h. einer Vielzahl von Bezugspunkten, können stattdessen ein oder mehrere repräsentative Bezugspunkte gewählt werden. Aufgrund der Bezugspunkte sind keine Nachweise direkt an den maßgeblichen Minimierungsorten, die sich außerhalb des Bewertungsabstandes befinden, notwendig.

In dem Bereich zwischen der Anlagenmitte/Trassenachse und dem Bewertungsabstand ist die Kompensationswirkung der Felder von der Geometrie der Anlage und der Leiterzuordnung abhängig. Dort kann es zu inhomogenen Feldern kommen, so dass die Feldstärken in diesem Bereich nicht zwangsweise mit dem Abstand abnehmen. Maßgebliche Minimierungsorte, die sich zwischen der Anlagenmitte/Trassenachse und dem Bewertungsabstand befinden, müssen aus diesem Grund immer einzeln betrachtet werden. Für diese maßgeblichen Minimierungsorte wird kein Bezugspunkt gebildet. Sie können auch nicht repräsentativ zusammengefasst werden.

Zu 3.2.3 Maßnahmenbewertung

Die unter Berücksichtigung des Minimierungsziels in Frage kommenden Minimierungsmaßnahmen sind auf ihre Verhältnismäßigkeit zu bewerten. Es kommen keine Maßnahmen in Betracht, die mit unververtretbarem Aufwand außer Verhältnis zu dem Nutzen stehen. Hierbei sind zum Beispiel die Immissionsreduzierung an den maßgeblichen Minimierungsorten, die Wirksamkeit der Maßnahmen, die Auswirkungen auf die Wartung und Verfügbarkeit der Anlagen sowie die Wirtschaftlichkeit (Investitions- und Betriebskosten) der Maßnahmen zu berücksichtigen.

Bei der Maßnahmenbewertung ist nicht nur auf die Wirksamkeit der Maßnahme im Hinblick auf die Minimierung der von einer Anlage ausgehenden elektrischen und magnetischen Felder zu achten, sondern auch auf ihre Auswirkung auf die Gesamtmission an den maßgeblichen Minimierungsorten (Effizienz). So kann zum Beispiel eine Minimierungsmaßnahme mit einer hohen Wirksamkeit für einen maßgeblichen Minimierungsort unverhältnismäßig sein, wenn die von der Anlage verursachte Immission an diesem maßgeblichen Minimierungsort ohnehin sehr gering ist. In Einzelfällen kann eine Minimierungsmaßnahme unverhältnismäßig für einen maßgeblichen Minimierungsort sein, wenn dieser selbst eine Quelle mit hohen elektrischen und magnetischen Feldstärken (z. B. Aluminiumhüttenwerke) darstellt und die Minimierung der von einer Anlage ausgehenden Felder die Gesamtmission nur geringfügig senken würde.

Der Minimierungspflicht wird genüge getan, wenn die Minimierungsmöglichkeiten nach dem beschriebenen Vorgehen geprüft, bewertet und entsprechend umgesetzt werden.

III. Zu Kapitel 5 „Technische Möglichkeiten der Minimierung“

Die allgemeine Verwaltungsvorschrift beschreibt in Kapitel 5 abschließend die möglichen Minimierungsmaßnahmen, die bei Niederfrequenz- und Gleichstromanlagen zur Minimierung der elektrischen und magnetischen Felder eingesetzt werden können. Maßnahmen, die zwar technisch zur Minimierung geeignet sind, sich aber systemimmanent ausschließen, wurden nicht in das Kapitel 5 aufgenommen.

Bei der Ermittlung der möglichen Minimierungsmaßnahmen für Niederfrequenz- und Gleichstromanlagen wurde der Entwicklungsstand fortschrittlicher Verfahren, Techniken und Betriebsweisen, der die praktische Eignung einer Maßnahme zur Minimierung von elektrischen und magnetischen Feldern gesichert erscheinen lässt, berücksichtigt.

Für jeden Anlagentyp sind die möglichen Minimierungsmaßnahmen einzeln aufgelistet. Neben einer kurzen Beschreibung der Maßnahme werden die notwendigen Voraussetzungen dargestellt. Die Voraussetzungen können zwischen neuen und wesentlich geänderten Anlagen unterschiedlich sein. Die Wirksamkeit einer Maßnahme beschreibt der Feldminimierung durch die Maßnahme in Bezug auf die Feldstärken, die ohne diese Maßnahme vorliegen würde. Die Angabe der Wirksamkeit in dieser Verwaltungsvorschrift bezieht sich auf den Regelfall. Bei einer konkreten Anlage oder bei besonderen Gegebenheiten vor Ort kann die Wirksamkeit sowohl kleiner als auch größer sein.

Bei jeder Minimierungsmaßnahme sind Hinweise zu dem abgeschätzten baulichen und technischen Aufwand für die Realisierung der jeweiligen Maßnahme angegeben. Dieser Aufwand kann erheblich davon abhängen, ob eine Minimierungsmaßnahme auf einen größeren Anlagenzusammenhang oder nur auf einen Teil, zum Beispiel einen Leitungsabschnitt, angewendet wird. Bei wesentlichen Änderungen ist der zusätzliche Aufwand von Art und Umfang der geplanten wesentlichen Änderung selbst abhängig. In der Regel muss der Aufwand deshalb im Einzelfall bewertet werden.

Die Hinweise können zudem zusätzliche Informationen zu Besonderheiten und möglichen Folgen der einzelnen Maßnahmen enthalten. Diese Angaben sind nicht abschließend.

Sämtliche aufgeführten Maßnahmen sind betriebsmittelspezifisch sowohl bei einem Neubau als auch bei einer wesentlichen Änderung zu prüfen. Dabei ist zu beachten, dass die jeweilige Anlage auf die genannten Minimierungsmaßnahmen hin zu prüfen ist, jedoch nicht alle Maßnahmen zwingend anzuwenden sind. Es sind die technischen Maßnahmen zu identifizieren, die sich zum einen an der konkreten Anlage technisch umsetzen lassen und zum anderen das Minimierungsziel erfüllen. Kommt unter diesen Kriterien keine Minimierungsmaßnahme in Frage, ist der Prüfung der Minimierung unter Darlegung der Sachverhalte genüge getan. Dagegen kann auch die Anwendung mehrerer Minimierungsmaßnahmen in Betracht kommen. Soweit deren kumulative Anwendung ausscheidet ist eine begründete Auswahl zwischen den Alternativen zu treffen.

Wirken sich eine oder mehrere Minimierungsmaßnahmen unterschiedlich auf das elektrische und das magnetische Feld aus, ist bei der Auswahl für Gleichstromanlagen (außer Gleichstromerkabel) die Minimierung des elektrischen Feldes zu bevorzugen, da das elektrische Gleichfeld den Einwirkungsbereich dieser Anlagen bestimmt. Das elektrische Gleichfeld hat keine direkten gesundheitlich relevanten Auswirkungen auf den menschlichen Körper, kann jedoch aufgrund der physikalischen Eigenschaften zu indirekten Wirkungen, wie Funkenentladungen zwischen Personen und leitfähigen Objekten, führen. Diese möglichen erheblichen Belästigungen sind nach § 3a Absatz 1 Satz 1 Nr. 2 der 26. BImSchV zu vermeiden. Demgegenüber wird das magnetische Gleichfeld von derzeit geplanten Anlagen voraussichtlich im Bereich des statischen Erdmagnetfeldes liegen und schöpft den gesetzlichen Grenzwert nur zu einem kleinen Teil aus. Zusammengefasst entspricht die bevorzugte Minimierung der elektrischen Felder von Gleichstromanlagen dem Schutzgedanken der 26. BImSchV.

Bei der Auswahl von Minimierungsmaßnahmen für eine Niederfrequenzanlage, die sich unterschiedlich auf das elektrische und das magnetische Feld auswirken, ist die Minimierung des magnetischen Feldes zu bevorzugen. Im Gegensatz zu Gleichstromanlagen wird das elektrische Feld nicht über größere Bereiche ausgedehnt. Darüber hinaus können niederfrequente Magnetfelder aufgrund wissenschaftlicher Unsicherheiten bezüglich ihrer gesundheitlichen Relevanz nicht abschließend beurteilt werden. Dies zeigt die Einstufung der WHO von niederfrequenten Feldern in die Klasse 2B, „möglicherweise krebserregend“ (IARC monographs on the evaluation of carcinogenic risks to humans; Non-ionizing radiation, part 1: Static and extremely low-frequency (ELF) electric and magnetic fields, 2002). Ausschlaggebend für diese Einstufung waren epidemiologische Beobachtungen einer statistischen Assoziation von magnetischen Feldern der Energieversorgung in der Größenordnung von 0,3 bis 0,4 μT und dem Auftreten von Leukämie bei Kindern. Ob diese statistischen Zusammenhänge auf einer kausalen Beziehung beruhen, ist umstritten und wissenschaftlich nicht abschließend geklärt. Die WHO hat 2007 diese Einstufung niederfrequenter Felder nach einer erneuten Begutachtung der wissenschaftlichen Erkenntnisse trotz weiterhin offener Fragen zum Wirkungsmechanismus bestätigt (Electromagnetic fields and public health; Exposure to extremely low frequency fields, 2007). Allerdings geht die WHO davon aus, dass die Aussagekraft der epidemiologischen Studien durch mögliche andere Einflussfaktoren und sehr kleiner Fallzahl geschwächt ist und stuft daher die Wahrscheinlichkeit eines Kausalzusammenhangs als schwach ein. Zu diesem Schluss kam auch 2011 die SSK in ihrer Stellungnahme „Vergleichende Bewertung der Evidenz von Krebsrisiken durch elektromagnetische Felder und Strahlungen“. Entsprechend hat die SSK in der genannten Empfehlung darauf hingewiesen, dass sich aus diesen Zusammenhängen keine belastbaren Kriterien ableiten lassen, die Vorsorgewerte in dieser Größenordnung unterhalb der wissenschaftlichen gesicherten Werte rechtfertigen können.

Die Maßnahme der magnetischen Schirmung ist in Kapitel 5 nicht erfasst. Sie ist zwar theoretisch möglich, indem Schirmflächen zwischen den stromführenden Leitungssystemen und den maßgeblichen Minimierungsorten eingefügt werden. Diese zusätzliche Verwendung magnetischer Schirmungsmaterialien kann die Ausführung der Anlage sowohl technisch als auch baulich stark beeinflussen. Derzeit liegen in Deutschland hierzu noch keine praktischen Erfahrungen vor. Erfahrungen von Netzbetreibern aus dem europäischen Ausland sind ebenfalls nicht bekannt. Ihre praktische Eignung ist nicht gesichert. Sie entspricht deshalb nicht dem derzeitigen Stand der Technik.

Anlage

Stellungnahme des Nationalen Normenkontrollrates gem. § 6 Abs. 1 NKRK:

NKR-Nr. 3429: Entwurf einer Allgemeinen Verwaltungsvorschrift zur Durchführung der Verordnung über elektromagnetische Felder - 26. BImSchV (26. BImSchVVwV)

1. Zusammenfassung

Mit dem vorliegenden Regelungsvorhaben werden keine rechtlichen Vorgaben eingeführt, die Folgekosten für Wirtschaft, Bürgerinnen und Bürger sowie Verwaltung auslösen. Die nachfolgend dargestellten Kosten ergeben sich bereits aus der Vorschrift des § 4 Absatz 2 der 26. BImSchV, die bei Erlass der Vorschrift im Jahr 2013 nicht quantifiziert wurden.

<u>Bürgerinnen und Bürger</u>	
Erfüllungsaufwand	Keine Auswirkungen
<u>Wirtschaft</u>	
jährlicher Erfüllungsaufwand	
Minimierungspflicht für Übertragungsnetze und Verteilnetze von 110 kV	Keine Auswirkungen
Minimierungspflicht für Verteilnetze unterhalb 110 KV sowie Ortsnetzumspannstationen	200 Mio. Euro pro Jahr bis zum Jahr 2020
Minimierungspflicht für Bahnstromanlagen	46 Mio. Euro pro Jahr bis zum Jahr 2025

<u>Verwaltung der Länder</u> Jährlicher Erfüllungsaufwand	Die Überprüfung des Minimierungsgebots verursacht Kosten, die vom Prüfungsumfang abhängen: rd. 70 Euro (vereinfachte Prüfung), rd. 280 Euro (individuelle Prüfung) – jeweils bezogen auf den Einzelfall. Bei einer Grundgesamtheit von rd. 75.000 Einzelprojekten bis 2020 hängt die Prüfungsquote von zukünftigen Entscheidungen der Landesstellen ab und kann gegenwärtig nicht geschätzt werden.
Sonstige Kosten	Durch die technische Umsetzung der Maßnahmen zur Minimierung können Kosten entstehen, die ohne Minimierung nicht angefallen wären. Diese fließen in die Netzausbaukosten ein und werden letztendlich über die Netzentgelte von den Stromverbrauchern getragen.
Evaluierung	Das Ressort wird die Auswirkung des Minimierungsgebotes einschließlich des Erfüllungsaufwands 5 Jahre nach Inkrafttreten des Regelungsvorhabens evaluieren.
Die Angaben für die Wirtschaft waren für den Nationalen Normenkontrollrat aufgrund der Kürze der zur Verfügung stehenden Zeit kaum verifizierbar. Aufgrund der gemäß § 4 Abs. 2 26. BImSchV in Verbindung mit der 26. BImSchVVwV notwendigen Verhältnismäßigkeitsprüfung und der damit einher gehenden Einzelfallprüfung und -entscheidung ist die Abschätzung, ob das Minimierungsgebot zu einem Mehraufwand führen wird, mit grundsätzlichen Schwierigkeiten behaftet. Der Erfüllungsaufwand der Verwaltung kann bisher nur für den einzelnen Prüfungsvorgang dargestellt werden; nicht abschätzbar ist vorerst noch die Zahl der Anwendungsfälle (Prüfungsquote). Der Nationale Normenkontrollrat geht davon aus, dass sich die angekündigte Evaluierung nach 5 Jahren insbesondere auch auf die bis dahin erreichte Prüfungsquote beziehen wird.	

Im Einzelnen

Mit dem Regelungsvorhaben wird das Minimierungsgebot des § 4 Abs. 2 der 26. Bundesimmissionsschutzverordnung (26. BImSchV) konkretisiert.

Zunächst enthält die 26. BImSchV Grenzwerte für elektromagnetische Felder. Selbst wenn diese Grenzwerte eingehalten werden, unterliegen bestimmte Anlagen im Sinne der Vorsorge einem weiteren Minimierungsgebot nach § 4 Abs. 2 der 26. BImSchV.

Das Minimierungsgebot für elektromagnetische Felder wird dahingehend konkretisiert, indem technische Möglichkeiten für den Bau der Anlagen wie bspw. die Erhöhung der

Masten oder die Minimierung von Seilabständen vorgegeben werden. Damit wird also der Stand der Technik konkretisiert.

Mit dem Regelungsvorhaben werden zudem die Schritte zur Umsetzung des Minimierungsgebotes vorgegeben. Dies umfasst unter anderem die Prüfpflicht, ob die Anlage auf ein dauerhaft bewohntes Gebäude einwirkt (wird das Minimierungsgebot relevant), welches Minimierungspotenzial vorhanden ist und ob die Umsetzung einer solchen Maßnahme wirtschaftlich verhältnismäßig wäre.

In den Anwendungsbereich des Minimierungsgebots fallen die Errichtung oder die wesentlichen Änderung von Niederfrequenzanlagen oder Gleichstromanlagen.

Niederfrequenzanlagen sind solche mit einer Frequenz von 1 Hertz (Hz) bis 9 Kilohertz (kHz), mithin betreffen sie alle Stromleitungen, da diese mit 50 Hz bzw. 16,7 Hz (Bahnstrom) betrieben werden.

Gleichstromanlagen sind solche, die mit einer Nennspannung von 2000 Volt (V) und mehr betrieben werden. Auch diese werden zum Stromtransport meist über größere Entfernungen genutzt und dienen dem Ausbau des Stromnetzes.

Das Minimierungsgebot nach § 4 Abs. 2 der 26. BImSchV ist dabei nur für solche Anlagen eine neue Vorgabe, die keinem Planfeststellungsverfahren unterliegen. Planfeststellungsverfahren sind gemäß § 43 Energiewirtschaftsgesetz (EnWG) immer dann durchzuführen, wenn Stromleitungen von 100 kV und mehr oder Gleichstrom-Hochspannungsleitungen geplant werden. § 18 Netzausbaubeschleunigungsgesetz (NABEG) ergänzt diese Pflicht auch auf Anbindungen zu Offshore-Windpark-Umspannwerken.

Für diese Anlagen sieht das geltende Recht bereits ein Minimierungsgebot nach § 43 Satz 3 EnWG bzw. § 18 Abs. 3 NABEG vor, wonach „die von dem Vorhaben berührten öffentlichen und privaten Belange im Rahmen der Abwägung zu berücksichtigen sind“. Gemäß der Rechtsprechung des BVerwG (26.9.2013, 4 VR 1.13, Rz. 59) ist „das Ziel einer Vermeidung von Immissionen durch elektromagnetische Felder unterhalb der Grenzwerte [...] ein abwägungserheblicher Belang“.

Erfüllungsaufwand

a) Bürgerinnen und Bürger

Für Bürgerinnen und Bürger entsteht kein Erfüllungsaufwand.

b) Wirtschaft

Aufgrund der bereits geltenden Vorgabe, die Minimierung elektromagnetischer Felder im Rahmen von Planfeststellungsverfahren zu überprüfen, ergibt sich für Stromnetze der

Hoch- und Höchstspannung (ab 110 kV und mehr) und für Gleichstrom-Hochspannungsleitungen kein zusätzlicher Erfüllungsaufwand.

Erfüllungsaufwand durch das Minimierungsgebot entsteht für Stromnetzleitungen der Verteilnetzebene unterhalb von 110 kV, das heißt für die Mittelspannung. Betroffen sind hier vor allem Erdkabel und Freileitungen. Daneben sind Ortsnetzumspannstationen betroffen.

Grundlage für den Umfang der betroffenen Anlagen sind die Dena-Netzstudie II, die Dena-Verteilnetzstudie, die BMWi-Verteilnetzstudie, die Netzstrukturkennzahlen der Bundesnetzagentur (Stand 2013) sowie Angaben der Netzbetreiber.

Das Verteilnetz in Deutschland umfasst auf der Mittelspannungsebene insgesamt rd. 400.000 km Erdkabel und 100.000 km Freileitungen. Im Bestand werden voraussichtlich bis zum Jahr 2020 ca. 2.000 km der Erdkabel und 2.200 km der Freileitungen aufgrund von wesentlichen Änderungen von dem Minimierungsgebot des § 4 Absatz 2 der 26. BImSchV betroffen sein.

Auf der Mittelspannungsebene ist bis zum Jahr 2020 mit einem Neubau von insgesamt ca. 34.000 km Erdkabeln und ca. 9.000 km Freileitungen auszugehen. Davon werden voraussichtlich 10.100 km der Erdkabel und 900 km der Freileitungen vom Minimierungsgebot betroffen sein. Zusätzlich werden etwa 180 km Erdkabel der Hochspannungsebene (110 kV) dem Minimierungsgebot unterliegen, da diese nicht der Planfeststellung unterliegen.

Des Weiteren existieren in Deutschland ca. 560.000 Ortsnetzumspannstationen, die sich auf ca. 900 Verteilnetzbetreiber verteilen.

Die Betreiber gehen davon aus, dass ca. 5 % der Bestandsanlagen wesentlich geändert werden müssen und somit ca. 28.000 der bestehenden Ortsnetzumspannstationen unter das Minimierungsgebot fallen werden.

Dazu kommen ca. 5.500 der ca. 11.000 geplanten neuen Ortsnetzumspannstationen, die bis 2020 errichtet werden sollen.

Bei den Erdkabeln und Ortsnetzumspannstationen wird von den Betreibern u.a. aufgrund der großen Anzahl der geplanten Projekte für möglich gehalten, dass die Kosten im Vergleich zu den Investitionskosten um bis zu ca. 50 % steigen könnten. Bei Freileitungen sehen die Netzbetreiber dagegen die Investitionskosten als gering an.

Nach einer Erhebung der Bundesnetzagentur zu den Kosten einzelner Parameter bei Stromnetzbetreibern in den Jahren 2005/2006 (sog. Vergleichsverfahren) betragen die Kosten des Netzes in der Mittelspannung abhängig von der Strukturklasse des Netzes etwa 1.200 Euro/km bis zu 38.000 Euro/km (Quelle: Bundesnetzagen-

tur/Vergleichsverfahren, 2005). Die Investitionskosten sind bei Erdkabeln deutlich höher, sie betragen laut der Verteilernetzstudie im Auftrag des BMWi (2014, S. 52) im Durchschnitt 105.000 Euro/km.

Ortsnetzumspannstationen werden häufig nach individuellen Vorgaben der Netzbetreiber gefertigt. Die Investitionskosten variieren je nach Leistung und Größe der Stationen. Nach Angaben zweier Hersteller können Investitionskosten im Einzelfall von 25.000-35.000 Euro angenommen werden.

Insgesamt schätzen Netzbetreiber bis zum Jahr 2020 jährliche Kosten von bis zu 300 Mio. Euro. Das Ressort geht aber davon aus, dass dieser Schätzung nicht ausreichend die Verhältnismäßigkeitsabwägung zugrunde gelegt ist, die eine Minimierung nur bei wirtschaftlich vertretbaren Maßnahmen vorsieht. Daher geht das Ressort von jährlichen Folgekosten von 200 Mio. Euro aus.

Bahnstrom wird gemäß § 43 S. 1 Nr. 1 EnWG nicht von der Pflicht zur Planfeststellung erfasst. Daher sind hier neben den Oberleitungen mit einer Nennspannung von 15 kV auch die 110-kV-Bahnstromleitungen vom Minimierungsgebot betroffen.

Die Stromleitungen der Deutschen Bahn AG umfassen insgesamt ca. 7.700 km 110-kV-Bahnstromleitungen und ca. 31.000 km elektrifizierte Streckenlänge mit Oberleitungen. Die Deutsche Bahn AG kalkuliert, dass von den 110-kV-Bahnstromleitungen ca. 120 km pro Jahr erneuert und davon ca. 20 % von dem Minimierungsgebot betroffen sein werden.

Im Bereich der Oberleitungen sind für den Zeitraum von 2016 bis 2020 und darüber hinaus zusammen ca. 1.600 km Neubau und wesentliche Änderungen geplant. Der zusätzliche Erfüllungsaufwand wird von der Deutschen Bahn AG für die 110-kV-Bahnstromleitungen mit etwa 2 Mio. Euro p.a. abgeschätzt. Für Oberleitungen wird er mit etwa 150 Mio. Euro p.a. prognostiziert. Diesen Erwägungen liegen Angaben der Deutschen Bahn AG zugrunde, die für das Minimierungsgebot einen Aufwand von bis zu 150% der Investitionskosten veranschlagt hatte. Diese Einschätzung berücksichtigte nach Angaben des Ressorts nicht das in der 26. BImSchVVwV enthaltenen Gebot der wirtschaftlichen Vertretbarkeit von Minimierungsmaßnahmen. Nach Abschätzung des Ressorts können daher vom Minimierungsgebot nur solche Maßnahmen umfasst sein, die nicht mehr als 40% der Investitionskosten betragen. Im Ergebnis rechnet daher das Ressort mit einem zusätzlichen Erfüllungsaufwand für Oberleitungen von rund 45 Mio. Euro p.a. Für 110-kV-Leitungen schätzt das Ressort folglich einen Aufwand von rund 1 Mio. Euro p.a., in Summe daher rund 46 Mio. Euro pro Jahr.

Diese Angaben für den Erfüllungsaufwand der Wirtschaft waren für den Nationalen Normenkontrollrat aufgrund der Kürze der zur Verfügung stehenden Zeit kaum verifizierbar.

Aus Sicht des Nationalen Normenkontrollrates ist aufgrund der gemäß § 4 Abs. 2 26. BImSchV in Verbindung mit der 26. BImSchVVwV notwendigen Verhältnismäßigkeitsprüfung und der damit einher gehenden Einzelfallprüfung und -entscheidung die Abschätzung, ob das Minimierungsgebot zu einem Mehraufwand führen wird, mit grundsätzlichen Schwierigkeiten behaftet.

c) Verwaltung

Die Überprüfung des Minimierungsgebots verursacht zusätzlichen Erfüllungsaufwand auch bei den zuständigen Stellen der Länder.

Betroffen sind hierbei Niederfrequenz- und Gleichstromanlagen, die nicht eines Planfeststellungsverfahrens bedürfen. Nicht von der Planfeststellung betroffene Niederfrequenz- und Gleichstromanlagen sind nicht genehmigungsbedürftige Anlagen im Sinne des Bundesimmissionsschutzgesetzes (BImSchG). Nicht genehmigungsbedürftige BImSchG-Anlagen unterliegen – wenn es wie in diesen Fällen nicht um die Vermeidung oder Beschränkung schädlicher Umwelteinwirkungen geht – gemäß § 52 BImSchG der allgemeinen Anlagenüberwachung. Nach Angaben des Ressorts kann eine Anlagenüberwachung insbesondere dann vorgenommen werden, wenn es Beschwerden oder Klagen betroffener Anwohner gibt. In diesem Fall wird nach Angaben des Ressorts die zuständige Landesbehörde den Betreiber zum Nachweis der eingehaltenen Grenzwerte und der Umsetzung des Minimierungsgebotes auffordern und dessen Angaben überprüfen. Das hierfür mit der Verwaltungsvorschrift eingeführte Prüf- und Bewertungsschema wird für sog. vereinfachte Prüfungen und aufwändigere sog. individuelle Prüfungen eingesetzt. Den Zeitaufwand für eine vereinfachte Prüfung schätzt das Ressort auf rd. 2 Arbeitsstunden gehobener Dienst à 35,10 Euro, also auf rd. 70 Euro; für individuelle Prüfungen setzt BMUB rd. 8 Arbeitsstunden gehobener Dienst, also rd. 280 Euro an. Bei einer Grundgesamtheit von rd. 75.000 Einzelprojekten bis 2020 ist die Zahl der Anwendungsfälle (Prüfungsquote) derzeit nicht abschätzbar, weil sie von zukünftigen Entscheidungen der Landesstellen abhängt.

Sonstige Kosten

Durch die technische Umsetzung der Maßnahmen zur Minimierung können Kosten entstehen, die ohne Minimierung nicht angefallen wären. Diese fließen in die Netzausbaukosten ein und werden letztendlich über die Netznutzungsentgelte von den Stromverbrauchern getragen.

Evaluierung

Das Ressort wird das Regelungsvorhaben fünf Jahre nach Inkrafttreten evaluieren, insbesondere wie sich das Minimierungsgebot ausgewirkt hat und welcher Erfüllungsaufwand damit für die Wirtschaft und Verwaltung verbunden ist.

Zusammenfassende Stellungnahme

Die Angaben für die Wirtschaft waren für den Nationalen Normenkontrollrat aufgrund der Kürze der zur Verfügung stehenden Zeit kaum verifizierbar. Aufgrund der gemäß § 4 Abs. 2 26. BImSchV in Verbindung mit der 26. BImSchVVwV notwendigen Verhältnismäßigkeitsprüfung und der damit einher gehenden Einzelfallprüfung und -entscheidung ist die Abschätzung, ob das Minimierungsgebot zu einem Mehraufwand führen wird, mit grundsätzlichen Schwierigkeiten behaftet.

Der Erfüllungsaufwand der Verwaltung kann bisher nur für den einzelnen Prüfungsvorgang dargestellt werden; nicht abschätzbar ist vorerst noch die Zahl der Anwendungsfälle (Prüfungsquote). Der Nationale Normenkontrollrat geht davon aus, dass sich die angekündigte Evaluierung nach 5 Jahren insbesondere auch auf die bis dahin erreichte Prüfungsquote beziehen wird.

Dr. Ludewig
Vorsitzender

Prof. Dr. Versteyl
Berichterstatlerin