

FNN-Hinweis



Minimierung elektrischer und magnetischer Felder

2. Ausgabe
Februar 2017

FNN

VDE

Impressum

© Forum Netztechnik / Netzbetrieb im VDE (FNN)

Bismarckstraße 33, 10625 Berlin

Telefon: + 49 (0) 30 3838687 0

Fax: + 49 (0) 30 3838687 7

E-Mail: fnn@vde.com

Internet: <http://www.vde.com/fnn>

Februar 2017

Minimierung elektrischer und magnetischer Felder von Übertragungs-, Verteil- und Bahnstromnetzen

**2. Ausgabe
Februar 2017**

Inhalt

1 Anwendungsbereich	7
2 Begriffe und Abkürzungen	8
2.1 Begriffe	8
2.2 Abkürzungen.....	9
3 Grundlagen	10
3.1 Grenzwerte	10
3.2 Vorsorgeanforderung – Minimierungsgebot	10
3.3 Begriff „Stand der Technik“	11
3.4 Berücksichtigung von Gegebenheiten im Einwirkungsbereich	11
3.5 Berücksichtigung von elektrischen und magnetischen Feldern bei der Trassen- und Anlagenplanung.....	12
3.6 Weitere Rahmenbedingungen und bei der Minimierung zu berücksichtigende Kriterien	13
3.6.1 Gesetzliche Bestimmungen und Technische Vorschriften	13
3.6.2 Belange Dritter	13
3.6.3 Gasisolierte Betriebsmittel	13
3.6.4 Beachtung des NOVA-Prinzips im Übertragungs- und Verteilnetz	13
4 Minimierung nach dem Stand der Technik.....	15
4.1 Gemeinsame Gegebenheiten in Übertragungsnetzen, Verteilnetzen und Bahnstromnetzen.....	15
4.1.1 Grundlagen der Feldminimierung	15
4.1.2 Technische Möglichkeiten zur Minimierung der Feldstärken	16
4.1.3 Minimierungsmöglichkeiten nach dem Stand der Technik	19
4.2 Anlagenspezifische Gegebenheiten in Übertragungsnetzen, Verteilnetzen und Bahnstromnetzen.....	21
4.2.1 Anlagenspezifische Gegebenheiten in Übertragungsnetzen	21
4.2.2 Anlagenspezifische Gegebenheiten in Verteilnetzen	21
4.2.3 Anlagenspezifische Gegebenheiten in Bahnstromnetzen.....	23
5 Dokumentation der Minimierungsprüfung und Maßnahmenfestlegung entsprechend 26. BImSchVVwV	24
6 Bewertungssystematik von Minimierungsoptionen nach 26. BImSchVVwV.....	25
6.1 Anwendung der Bewertungssystematik	25
6.2 Tabellarische Darstellung der Bewertung möglicher Minimierungsmaßnahmen	25
Anhang A Bewertung möglicher Minimierungsoptionen nach 26. BImSchVVwV – Beispielformulare für den Einzelfall (Projektbearbeitung).....	27
Anhang B Beispiele für die Dokumentation der Minimierungsprüfung – Musterformulare für Verteilnetzbetreiber	39
Anhang C Leitfaden für die Umsetzung der 26. BImSchVVwV zur Feldminimierung beim Neubau und wesentlichen Änderungen von AC-Leitungen im Übertragungsnetz	46
C.I Vorprüfung	48
C.II Ermittlung der Minimierungsmaßnahmen	48

C.II.A Ermittlung des Minimierungspotenzials	49
C.II.A.1 Abstandsoptimierung	50
C.II.A.2 Elektrische Schirmung	51
C.II.A.3 Minimieren der Seilabstände	51
C.II.A.4 Optimieren der Mastkopfgeometrie	51
C.II.A.5 Optimieren der Leiteranordnung	52
C.III Maßnahmenbewertung und Festlegung der Minimierungsmaßnahmen.....	52
C.III.A.1 Abstandsoptimierung	53
C.III.A.2 Elektrische Schirmung	54
C.III.A.3 Minimierung der Seilabstände	55
C.III.A.4 Optimieren der Mastkopfgeometrie	55
C.III.A.5 Optimieren der Leiteranordnung	55
C.IV Drehstromkabel im Übertragungsnetz	56
C.V Hinweise zur Durchführung der pauschalierenden Betrachtung	56
C.V.A Überschlägige Prognose von Feldstärken	57
C.VI Fazit.....	57

Einleitung

Die 26. Verordnung zum Bundes-Immissionsschutzgesetz (26. BImSchV) /1/ wurde 2013 novelliert, sie trat am 22. August 2013 in Kraft. Mit dieser Novelle wurde für Niederfrequenzanlagen und Gleichstromanlagen als zusätzliche Vorsorgeanforderung u. a. eingefügt, dass bei Neubau und wesentlicher Änderung der Anlagen die elektrischen und magnetischen Felder nach dem Stand der Technik zu minimieren („Minimierungsgebot“) sind.

Diese Minimierungsanforderungen wurde in der am 4. März 2016 in Kraft getretenen Allgemeinen Verwaltungsvorschrift zur 26. BImSchV, der 26. BImSchVVwV /2/, konkret geregelt. Die Neuerungen sind in der hier vorliegenden zweiten Auflage des technischen Hinweises berücksichtigt. Insbesondere wurden die in Frage kommenden Minimierungsmöglichkeiten an die Vorgaben der 26. BImSchVVwV angepasst.

Der FNN-Hinweis unterstützt die Betreiber von Gleichstromanlagen, Bahnstromanlagen und 50-Hz-Anlagen bei der Umsetzung des Minimierungsgebotes, in dem nun auf die konkreten Minimierungsoptionen aus der 26. BImSchVVwV eingegangen wird. Die in der ersten Ausgabe erarbeitete Bewertungssystematik wurde ebenfalls dementsprechend angepasst. Mit der Bewertungssystematik ist weiterhin eine detaillierte Bewertung unter Berücksichtigung der verschiedenen Schutzgüter und Kriterien möglich.

Der Anhang wurde außerdem um Formulare zur Dokumentation der Minimierungsprüfung ergänzt. Damit möchte der FNN die Prüfung und die Dokumentation der Minimierungsmaßnahmen für typische Anlagen in den Verteilnetzen erleichtern.

An dem Technischen Hinweis haben Vertreter von Übertragungsnetzbetreibern, Verteilnetzbetreibern, der Deutschen Bahn sowie von Hochschulen mitgewirkt.

Die vorliegende 2. Ausgabe des FNN-Hinweises ersetzt die 1. Ausgabe aus dem Jahr 2013.

1 Anwendungsbereich

Der Technische Hinweis beschreibt Maßnahmen zur Minimierung von elektrischen und magnetischen Feldern für elektrische Netze und Anlagen aller relevanten Spannungsebenen gemäß der 26. BImSchVVwV und zeigt Möglichkeiten für deren Bewertung auf. Die Bewertung kann im Einzelfall anhand der Systematik von Abschnitt 5 durchgeführt werden.

2 Begriffe und Abkürzungen

2.1 Begriffe

Phasen L1, L2, L3

Im Drehstromsystem besteht ein Stromkreis aus jeweils den drei einzelnen Phasen (auch Phasenleiter oder Außenleiter genannt) mit den Kennzeichnungen L1, L2, L3, deren Wechselstrom und Wechselspannung jeweils um einen Phasenwinkel von 120° verschoben sind.

Leiter, Leiterseile

Spannungs- und stromführende Verbindungen für den Energietransport, welche bzgl. ihrer Umgebung isoliert befestigt oder geführt werden müssen. Bei Freileitungen sind die Leiter / Leiterseile zwischen zwei Stützpunkten frei gespannt und blank (keine umhüllende Isolierung). Gegenüber dem geerdeten Mast sind diese Leiter / Leiterseile mittels Isolatoren elektrisch getrennt (isoliert). Bei Kabeln (i. d. R. im Erdreich verlegt) sind die Leiter mittels einer Isolierung umhüllt und somit von der sie umgebenden Erde elektrisch getrennt (isoliert).

Kabel

Als Kabel wird im vorliegenden Dokument ein mit Isolierstoffen ummantelter ein- oder mehradriger Verbund von Adern bezeichnet, welcher der Übertragung von Energie dient. Als Isolierstoffe kommen üblicherweise unterschiedliche Kunststoffe zur Anwendung, welche die als elektrische Leiter genutzten Adern umgeben und isolieren. Elektrische Leiter bestehen aus Kupfer, Aluminium oder geeigneten Metalllegierungen.

Bündelleiter

In der Hoch- und Höchstspannung kann eine Phase aus mehreren parallel verlaufenden einzelnen Leitern bestehen, die auf ihrer ganzen Länge in annähernd gleichem Abstand geführt werden. Bei Freileitungen sind Zweier-, Dreier- oder Vierer-Bündel in Deutschland üblich.

Stromkreis

Ein Drehstrom-System bestehend jeweils aus den Phasen L1, L2, L3 oder ein Wechselstromsystem bestehend aus zwei Phasen.

Systemabstand

Abstand eines Wechsel- oder Drehstrom-Stromkreises zu einem benachbarten Stromkreis

Spannfeld

Teil der Freileitungstrasse, welcher sich zwischen zwei aufeinanderfolgenden Stützpunkten (Masten) befindet.

Verdrillung

Änderung der Lage der einzelnen Phasen im Verlauf der Trasse. Bei Freileitungen realisierbar an Abspannmasten, indem dort die Lage / Position der einzelnen Phasen verändert wird. Entsprechende Masten werden als „Verdriller“ bezeichnet. Verdrillung ist ebenfalls möglich bei Einleiterkabeln.

NOVA-Prinzip

Im Zuge des Netzausbaus muss abgewogen werden, ob nicht durch Netzoptimierung oder Netzverstärkung ein Leitungsneubau / Leitungsausbau vermieden werden kann. NOVA bedeutet somit Netzoptimierung vor Netzverstärkung vor Netzausbau.

Bodenabstand

Lotrechter Abstand zwischen frei hängenden Leitern einer Freileitung und der Erdoberfläche.

Durchhang

Lotrechter Abstand zwischen dem tiefsten Punkt eines frei hängenden Leiters einer Freileitung und der Verbindungslinie der beiden Seilauflänge- bzw- Befestigungspunkte am Mast / Isolator.

2.2 Abkürzungen

BImSchG	Bundes-Immissionsschutzgesetz
26. BImSchV	26. Bundes-Immissionsschutzverordnung
26. BImSchVVwV	Allgemeine Verwaltungsvorschrift zur Durchführung der Verordnung über elektromagnetische Felder
ÜNB	Übertragungsnetzbetreiber. Sie betreiben das Höchstspannungsnetz (220-380 kV). Das Übertragungsnetz verteilt die elektrische Energie bundesweit und ist Bestandteil des europäischen Stromnetzes (Verbundnetz).
VNB	Verteilnetzbetreiber. Sie betreiben das Nieder-, Mittel- und Hochspannungsnetz (0,4 kV – 110 kV). Die Aufgabe des Verteilnetzes ist die regionale und örtliche Verteilung. Netze unterschiedlicher Spannung sind mit Transformatoren verbunden.
DB	Deutsche Bahn
kV	Kilovolt (Einheit für die elektrische Spannung)
µT	Mikrotesla (Einheit für die magnetische Flussdichte)
HöS	Höchstspannung (220 kV – 380 kV)
HS	Hochspannung (i. d. R. 110 kV)
MS	Mittelspannung (> 1 kV – ca. 60 kV)
NS	Niederspannung (≤ 1 kV, z. B. 230/400 V Ortsnetze)
SF ₆	Schwefelhexafluorid (Isolier- und Löschgas, z. B. in Schaltanlagen)
LAI	Länderausschuss Immissionsschutz

3 Grundlagen

3.1 Grenzwerte

Die in Deutschland geltenden Grenzwerte der 26. BImSchV beruhen auf den wissenschaftlich abgesicherten Empfehlungen der internationalen Strahlenschutzkommission (ICNIRP). Die ICNIRP hat im Einklang mit der WHO Grenzwerte als ausreichende Sicherheitsbasis für den dauerhaften Schutz der Bevölkerung vor gesundheitlichen Beeinträchtigungen empfohlen. Aufgrund der übereinstimmenden Bewertungen der ICNIRP gibt es keine belastbaren Ergebnisse über Gesundheitsrisiken bei Einhaltung der bestehenden Grenzwerte. Die ICNIRP sieht jedoch geeignete Vorsorgemaßnahmen zur Reduzierung der Exposition als gerechtfertigt an.

Für elektrische Netze und Anlagen wurden in der 26. BImSchV Grenzwerte für Orte zum bestimmungsgemäß nicht nur vorübergehenden Aufenthalt von Menschen anhand von international empfohlenen Werten festgelegt. So empfahl ICNIRP¹ in 2010 für magnetische Flussdichten bei 50 Hz einen Grenzwert von 200 µT. In der gültigen 26. BImSchV (in Kraft getreten am 22. August 2013) wurde dieser Wert für 50-Hz-Anlagen auf die Hälfte des ICNIRP-Wertes begrenzt (100 µT). Die Kosten für eventuelle Vorsorgemaßnahmen, die über die international empfohlenen Grenzwerte hinausgehen, sollten angesichts ihres ungewissen Nutzens nach Auffassung der WHO aber sehr gering bleiben. Darüber hinaus wurden die Grenzwerte für die Frequenz von 16,7 Hz beim elektrischen Feld von 10 kV/m auf 5 kV/m um 50% gesenkt.

In Deutschland hat die Strahlenschutzkommission in ihrer Empfehlung vom 21./22. Februar 2008 die wissenschaftliche Tragfähigkeit der Grenzwerte bestätigt (z. B. 100 µT bei 50 Hz) und sieht auch unter Vorsorgeaspekten keine Notwendigkeit, diese Grenzwerte zu verschärfen². Sie sieht vielmehr weiteren Forschungsbedarf, wobei sie auch eine Minderung von Feldexpositionen bzgl. Menschen aus Gründen der Vorsorge dort für sinnvoll hält, wo es unter Beachtung verschiedenster Aspekte, insbesondere auch der Ökonomie, im Planungsstadium praktikabel ist.

3.2 Vorsorgeanforderung – Minimierungsgebot

Die novellierte 26. BImSchV erweitert durch Einführung des sogenannten Minimierungsgebots in § 4 Abs. 2 die Vorsorgeanforderungen:

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 Bundes-Immissionsschutzgesetz.

Die sich aus diesen Vorgaben ergebenden offenen Fragen, insbesondere die nähere Ausgestaltung hinsichtlich konkreter Maßstäbe, Minimierungsoptionen und Festlegungen der technischen Parameter einer Anlage, wurden mit der am 4. März 2016 in Kraft getretenen Allgemeinen Verwaltungsvorschrift zur Durchführung der Verordnung über elektromagnetische

¹ ICNIRP Guidelines for limiting Exposure to Time varying Electric and Magnetic Fields (1 Hz – 100 kHz), veröffentlicht in: Health Physics 99(6), S. 818 - 836; 2010; <http://www.icnirp.de/documents/LFgdl.pdf>

² Empfehlung der Strahlenschutzkommission „Schutz vor elektrischen und magnetischen Feldern der elektrischen Energieversorgung und -anwendung“, verabschiedet in der 221. Sitzung der Strahlenschutzkommission am 21./22. Februar 2008)

Felder (26. BImSchVVwV) konkretisiert [3]. Das Minimierungsgebot dient der Durchsetzung des Vorsorgeprinzips, durch welches nicht nachgewiesenen schädlichen Umwelteinwirkungen unterhalb der Grenzwerte vorgebeugt werden soll. Maßstab für die Minimierung ist der „Stand der Technik“ und „die Berücksichtigung von Gegebenheiten im Einwirkungsbereich“. Forderungen nach einer Minimierung durch den Einsatz von Techniken, die nicht dem Stand der Technik entsprechen, werden von der 26. BImSchV nicht abgedeckt. In der 26. BImSchVVwV sind abschließend alle Maßnahmen aufgeführt, die zur Feldminimierung nach Stand der Technik in Frage kommen.

3.3 Begriff „Stand der Technik“

Der Begriff des Standes der Technik ist ein im deutschen Umweltrecht verankerter Begriff. Die Definition des Standes der Technik in § 3 Abs. 6 BImSchG, der für das Umweltrecht leitend ist, ist auch für die 26. BImSchV maßgeblich.

„Stand der Technik im Sinne dieses Gesetzes ist der Entwicklungsstand fortschrittlicher Verfahren, Einrichtungen oder Betriebsweisen, der die praktische Eignung einer Maßnahme zur Begrenzung von Emissionen in Luft, Wasser und Boden, zur Gewährleistung der Anlagensicherheit, zur Gewährleistung einer umweltverträglichen Abfallentsorgung oder sonst zur Vermeidung oder Verminderung von Auswirkungen auf die Umwelt zur Erreichung eines allgemein hohen Schutzniveaus für die Umwelt insgesamt gesichert erscheinen lässt.“

Nach der Anlage zu § 3 Abs. 6 BImSchG sind bei der Bestimmung des Standes der Technik, jeweils bezogen auf Anlagen einer bestimmten Art, eine Reihe von Kriterien zu berücksichtigen. Hierzu gehören etwa

- vergleichbare Verfahren, Vorrichtungen und Betriebsmethoden, die mit Erfolg im Betrieb erprobt wurden,
- Fortschritte in der Technologie und in den gesicherten wissenschaftlichen Erkenntnissen,
- Art, Auswirkungen und Menge der jeweiligen Emissionen,
- Zeitpunkt der Inbetriebnahme der neuen oder der bestehenden Anlagen,
- für die Einführung einer besseren verfügbaren Technik erforderliche Zeit, oder
- die Notwendigkeit, die Gesamtwirkung der Emissionen und die Gefahren für den Menschen und die Umwelt so weit wie möglich zu vermeiden oder zu verringern.

Darüber hinaus ist bei der Bestimmung des Standes der Technik insbesondere die Verhältnismäßigkeit zwischen Aufwand und Nutzen möglicher Maßnahmen zum angestrebten Zweck zu berücksichtigen. Dies betont auch die Verordnungsbegründung der 26. BImSchV³. Das bedeutet, dass die Technik nicht nur technisch verfügbar sein muss, sondern ebenso Kostenaspekte und Wechselwirkungen von Minimierungsmaßnahmen mit anderen Schutzgütern (z. B. Boden- und Landschaftsschutz) zu berücksichtigen sind.

3.4 Berücksichtigung von Gegebenheiten im Einwirkungsbereich

Nach § 4 Abs. 2, 26. BImSchV [1], sind bei der Ermittlung der Minimierungspflicht die Gegebenheiten im Einwirkungsbereich der Anlage zu berücksichtigen.

³ Bundesrats-Drucksache 209/13. (20.03.2013) S. 26

Der Einwirkungsbereich einer Niederfrequenzanlage beschreibt den Bereich, in dem die Anlage einen sich signifikant von der Hintergrundbelastung abhebenden Immissionsbeitrag verursacht. Die Ausdehnung des Einwirkungsbereiches richtet sich nach den in der Allgemeinen Verwaltungsvorschrift zur 26. BImSchV (26. BImSchVVwV) enthaltenen Tabellenwerten.

Maßnahmen der Feldminimierung sind zu prüfen, sofern sich innerhalb des Einwirkungsbereiches der Anlage mindestens ein maßgeblicher Minimierungsort befindet. Dies umfasst Gebäude oder Grundstücke im Sinne des § 4 Abs. 1 der 26. BImSchV (Wohnungen, Krankenhäuser, Schulen, Kindergärten, Kinderhorte, Spielplätze oder ähnlichen Einrichtungen) sowie alle Gebäude oder Gebäudeteile, die zum nicht nur vorübergehenden Aufenthalt von Menschen bestimmt sind. Alle maßgeblichen Minimierungsorte werden gleichrangig betrachtet.

3.5 Berücksichtigung von elektrischen und magnetischen Feldern bei der Trassen- und Anlagenplanung

Außerhalb des Geltungsbereiches der 26. BImSchVVwV werden bereits im Rahmen der Auswahl der Trasse für eine neue Leitung, oder der Standortwahl für eine Umspann- oder Schaltanlage sowie bei der Auswahl der Anlagenart (z. B. Kabel oder Freileitung bzw. luft- oder gasisolierte metallgekapselte Schaltanlage, etc.) Aspekte des Wohnumfeldschutzes berücksichtigt. Dabei werden auch Möglichkeiten der Reduzierung elektrischer und magnetischer Felder mit in den Entscheidungsprozess einbezogen.

Bei Freileitungen werden bereits im Rahmen der Trassenfestlegung Maßnahmen berücksichtigt, wie eine Bündelung von Trassen oder die Mitführung von weiteren Leitungen anderer Spannungsebenen auf demselben Gestänge, die eine Minderung der elektrischen und magnetischen Felder an maßgeblichen Immissionsorten bewirken können. Die Bündelung und Mitführung von Stromkreisen auf einem Gestänge ändert zwar grundsätzlich nichts an der Entstehung elektrischer und magnetischer Felder. Erreicht werden kann aber ein gemeinsames Abrücken von relevanten Immissionsorten. Eine Bündelung von Trassen und Mitführung von Stromkreisen reduziert die Feldemissionen nicht grundsätzlich, bündelt diese aber auf einen Korridor.

Können bei Freileitungen die Leiter niedrigerer Spannungsebenen unten geführt werden, so reduzieren sich die Immissionen unter der Leitung bereits durch die damit entstehenden größeren Bodenabstände der nun höher liegenden Leiter der höheren Spannungsebenen. Das elektrische Feld einer Leitung höherer Spannungsebene kann unterhalb der Leitung durch die Führung von Leitern kleinerer Spannungsebenen teilweise abgeschirmt werden. Aufgrund der einzuhaltenden Abstände werden die Maste entsprechend höher.

Hinsichtlich der nach § 4 Abs. 2 26. BImSchV zu prüfenden und umzusetzenden Minimierungsmaßnahmen werden somit bereits im Planungs- und Projektierungsstadium entsprechende Maßnahmen berücksichtigt. Wie bereits in der Verordnungsbegründung der Bundesregierung⁴ ausgeführt, muss die Prüfung der Minimierungsmöglichkeit immer für die bereits festgelegte Trasse und die konkret in Rede stehende Niederfrequenzanlage (z. B. Freileitung, Transformator oder Erdkabel) erfolgen. Eine Änderung der Trasse oder ein Wechsel der Anlagenart – etwa Erdkabel statt Freileitung – ist nicht Gegenstand der im Einzelfall zu prüfenden Minimierungsmöglichkeiten für elektrische und magnetische Felder.

⁴ Bundesrats-Drucksache 209/13 (20.03.2013) S. 26

Der Minimierungspflicht wird genüge getan, wenn die in der 26. BImSchVV aufgeführten Minimierungsmöglichkeiten nach dem beschriebenen Vorgehen geprüft, bewertet, entsprechend umgesetzt und dokumentiert werden. Es kommen nur Maßnahmen in Betracht, deren Wirksamkeit mit vertretbarem wirtschaftlichem Aufwand erreicht werden kann. Dieser Aufwand kann erheblich davon abhängen, ob eine Minimierungsmaßnahme auf die gesamte Anlage oder nur auf einen Teil angewendet wird. Bei der Auswahl der in Betracht kommenden Minimierungsmaßnahmen sind mögliche nachteilige Auswirkungen z. B. auf Natur-, Lärm-, Arbeitsschutz sowie andere Schutzgüter zu beachten. Dies hat zur Folge, dass Minimierungsmaßnahmen aufgrund der mit ihnen verbundenen nachteiligen Auswirkungen auf andere Schutzgüter ausscheiden können.

3.6 Weitere Rahmenbedingungen und bei der Minimierung zu berücksichtigende Kriterien

3.6.1 Gesetzliche Bestimmungen und Technische Vorschriften

Die Errichtung und wesentliche Änderung von Anlagen zur Umspannung und Fortleitung von Elektrizität muss neben den umweltrechtlichen Anforderungen auch bauliche und elektrotechnische Anforderungen (bspw. nach DIN VDE, EN, IEC, etc.) sowie Arbeitssicherheitsbestimmungen erfüllen. Ebenso sind die gesetzlichen Vorgaben wie beispielsweise das Energiewirtschaftsgesetz und dessen Verwaltungsvorschriften einzuhalten.

3.6.2 Belange Dritter

Möglicherweise können durch Maßnahmen auch Eigentumsrechte Dritter betroffen sein. Insbesondere zusätzliche Bauwerke zur Feldminimierung außerhalb der zur Energieübertragung erforderlichen Trasse stehen dem Grundsatz der schonenden Ausübung der Leitungsrechte durch zusätzlich belastete Grundstücke entgegen.

3.6.3 Gasisolierte Betriebsmittel

Eine weitere Möglichkeit zur Minimierung von Feldern in der Nähe von Anlagen stellt bspw. auch der Einsatz von gasisolierten Schaltanlagen dar, da diese metallgekapselt sind und geringe Phasenabstände erlauben. Das eingesetzte Isoliergas, SF₆, gilt jedoch als klimaschädlich. Daher besteht zum Einsatz von SF₆ in elektrischen Anlagen eine freiwillige Selbstverpflichtung der Branche⁵. Hier findet sich die Aussage, dass SF₆ nur eingesetzt wird, wenn der Kriterienkatalog eindeutige Vorteile gegenüber alternativen Technologien ergeben hat. Die Reduktion von elektrischen und magnetischen Feldern ist dabei nur ein Kriterium unter vielen anderen.

3.6.4 Beachtung des NOVA-Prinzips im Übertragungs- und Verteilnetz

Bei der Auswahl notwendiger Maßnahmen zur Steigerung der Übertragungskapazität der Netze folgen die 50-Hz-Netzbetreiber dem sog. NOVA-Prinzip (Netz-Optimierung vor Verstärkung vor Ausbau). Das bedeutet, dass zunächst versucht wird das Netz zu optimieren bevor es verstärkt oder schließlich ausgebaut werden muss. Dem NOVA-Prinzip liegt der Gedanke zu Grunde, dass bestehende Trassen für eine Ertüchtigung oder auch einen Ersatzneubau genutzt werden sollen, um möglichst wenig neue Betroffenheiten zu erzeugen. Insbesondere die gegenüber einem Netzneubau vorrangige Netzverstärkung bedingt allerdings höhere elektrische und magnetische Felder.

⁵ Selbstverpflichtung der SF₆-Produzenten, Hersteller und Betreiber von elektrischen Betriebsmitteln >1kV zur elektrischen Energieübertragung und -verteilung in der Bundesrepublik Deutschland zu SF₆ als Isolier- und Löschgas, http://www.bmu.de/fileadmin/bmu-import/files/pdfs/allgemein/application/pdf/sv_sf6_bf.pdf

Dem NOVA-Prinzip folgend sind dabei folgende Fälle zu unterscheiden.

a) Netzoptimierung - Leistungserhöhung von bestehenden Freileitungen

Darunter versteht man z. B. den „witterungsabhängigen Freileitungsbetrieb“, sog. „heiße Seile“ und den Austausch der Leiter. Hierbei wird die Leitungsanlage baulich nicht, oder nur unwesentlich verändert. Damit ist nur eine Phasenoptimierung möglich, wobei auch hier die durch den Anschluss der Leitung möglichen Phasenordnungen zu berücksichtigen sind. Der Bau neuer Maste zur Herstellung einer günstigeren Phasenlage steht der Idee einer einfachen Leistungserhöhung nach NOVA entgegen.

b) Verstärkung – Ertüchtigung / Neubau in bestehender Trasse

Im Rahmen der Verstärkung von Netzen besteht eine Reihe von unterschiedlichen Möglichkeiten. Diese reichen etwa von der Neubeseilung von bestehenden Masten bis zum Ersatzneubau in bestehender Trasse. Abhängig von der durchzuführenden Maßnahme können die anwendbaren Minimierungsmaßnahmen eingeschränkt sein. Bei einem Ersatzneubau kann eine Minimierung durch Variation der Masthöhen, Phasenlage oder Mastbilder möglich sein. Bei einer Neubeseilung sind regelmäßig keine umfassenden Minimierungsmaßnahmen durchführbar. Auch für Kabelanlagen bestehen im Rahmen der Verstärkung Einschränkungen bei der Auswahl der Minimierungsmaßnahmen. Bei einer Leistungserhöhung ohne Veränderung der Trasse ergibt sich in der Regel auch eine Erhöhung der elektrischen und magnetischen Felder.

c) Netzausbau – Neubau in neuer Trasse

Für die Auswahl einer Trasse spielen neben den Immissionen elektrischer und magnetischer Felder auch andere Belange eine wesentliche Rolle. Erst nach der Festlegung auf eine Trasse können die Möglichkeiten zur Minimierung abgewogen werden.

Mögliche Minimierungsmaßnahmen unter Beachtung des NOVA-Prinzips sind im Anhang A in der Tabelle A.1 „ÜNB/VNB - Freileitungen HöS, HS“ dargestellt.

4 Minimierung nach dem Stand der Technik

4.1 Gemeinsame Gegebenheiten in Übertragungsnetzen, Verteilnetzen und Bahnstromnetzen

4.1.1 Grundlagen der Feldminimierung

Anlagen zur Umspannung und Fortleitung von Elektrizität emittieren niederfrequente elektrische und magnetische Felder. Diese wirken auf einen Immissionsort ein und nehmen mit zunehmendem Abstand von der Anlage rasch ab.

Unter Umständen können Maßnahmen mit dem Ziel der Minimierung dazu führen, dass sich die Feldstärke an einem maßgebenden Immissionsort verringert, aber gleichzeitig an einem anderen Immissionsort erhöht (siehe Abschnitt 4.1.2.1, Ziff. aa). Dies kann dazu führen, dass solche Maßnahmen im Rahmen der weiteren Bewertung im Einzelfall keine Minimierung der Feldstärken im Sinne der Verordnung darstellen. Wirken sich eine oder mehrere Minimierungsmaßnahmen unterschiedlich auf das elektrische und das magnetische Feld aus, ist bei der Auswahl für Niederfrequenzanlagen die Minimierung des magnetischen Feldes zu bevorzugen.

Welche grundsätzlichen Möglichkeiten der Reduzierung elektrischer und/oder magnetischer Felder bestehen, die von o. g. Anlagen der Energieversorgung ausgehen, und an welche Grenzen diese Möglichkeiten stoßen, wird nachstehend aufgezeigt.

Elektrische Feldstärke

Ein elektrisches Feld bildet sich zwischen Bauteilen unterschiedlicher elektrischer Potentiale, also zwischen den Leitern und zwischen Leitern und geerdeten Bauteilen bzw. Gegenständen in der Umgebung mit Erdpotenzial. Das elektrische Feld wird durch alle Baumaterialien abgeschirmt und dringt daher in Gebäude nicht ein. Da Gebäude Erdpotenzial aufweisen, tritt auch im näheren Umfeld eine Abschirmung des elektrischen Feldes auf. Da die Betriebsspannung im Hoch- und Höchstspannungsnetz entsprechend den Anforderungen an einen sicheren Netzbetrieb in sehr engen Grenzen gehalten werden muss, kann die elektrische Feldstärke nur durch folgende Maßnahmen gemindert werden:

- Optimierung der geometrischen Anordnung der Phasen, beispielsweise durch Minimierung der Seilabstände oder durch Optimierung der Mastkopfgeometrie;
- Abschirmung des elektrischen Feldes als Bestandteil der Anlage, z.B. durch Erdleiterseile
- Abstandsvergrößerung zwischen spannungsführenden Leitern oder Bauteilen und dem zu betrachtenden maßgeblichen Minimierungsort durch höhere Masten.

Magnetische Flussdichte

Ursächlich für die Entstehung des magnetischen Feldes ist ein Stromfluss durch einen elektrischen Leiter. Magnetische Felder können großräumig praktisch nicht abgeschirmt werden, da sie nahezu alle Baustoffe ungehindert durchdringen. Da der Stromfluss durch die jeweils dem Hoch- und Höchstspannungsnetz zu Grunde gelegte Verteil- und Übertragungsaufgabe bestimmt wird, kann die magnetische Flussdichte nur durch folgende Maßnahmen gemindert werden:

- Optimierung der geometrischen Anordnung der Phasen; beispielsweise durch Minimierung der Seil- bzw. Kabelabstände oder durch Optimierung der Mastkopf- bzw. Legegeometrie;

- Abstandsvergrößerung zwischen stromdurchflossenen Leitern oder Bauteilen und dem zu betrachtenden maßgeblichen Minimierungsort durch höhere Masten bzw. größere Legetiefe

Emissionen elektrischer und magnetischer Felder in die Umgebung können durch eine Optimierung der geometrischen Anordnung der Phasen verringert werden. Dieser sind technische und betriebliche Grenzen gesetzt, welche im weiteren Textverlauf näher beschrieben sind.

Eine Abschirmung oder Kompensation des elektrischen Feldes ist zumeist mit erheblichen betrieblichen Einschränkungen, zusätzlichen Verlusten und baulichen Maßnahmen verbunden. Letztere können ihrerseits neben zusätzlichem technischen und finanziellen Aufwand auch einen Eingriff in die Umwelt darstellen und müssen mit dem Nutzen einer Verringerung der Emissionen abgewogen werden.

4.1.2 Technische Möglichkeiten zur Minimierung der Feldstärken

4.1.2.1 Grundsätzliche Minimierungsmöglichkeiten

Nachfolgend werden die Möglichkeiten zur Minimierung elektrischer und magnetischer Feldstärken an Anlagen zur Umspannung und Fortleitung von Elektrizität beschrieben.

a) Minimierung der Felder durch Kompensation

Besteht eine Leitungsanlage aus einem Drehstrom-Stromkreis, so kann die Minimierung der Felder dieses Stromkreises bzgl. eines Immissionsortes durch Kompensation der jeweiligen Einzelfelder jeder einzelner Phase dieses Stromkreises erreicht werden. Eine Optimierung wird erreicht, wenn der Abstand der einzelnen Phasen zueinander möglichst klein gewählt wird, wobei dieser Abstandsminimierung auf Grund physikalischer Gegebenheiten Grenzen gesetzt sind (z. B. elektrischer Überschlag in Luft bei Freileitungen und Freiluftschaltanlagen).

Sofern eine Leitungsanlage mehr als einen Stromkreis führt, kann eine Optimierung durch Kompensation zusätzlich auch durch eine vorteilhafte Anordnung der einzelnen Phasen untereinander erfolgen.

Ein kompensierender Effekt beim magnetischen Feld, für welches der zu übertragende Strom ursächlich ist, ist sowohl von der Höhe des aktuellen Stromflusses (Stromstärke), als auch von der Stromrichtung abhängig.

Für das magnetische Feld gilt generell, dass eine für einen speziellen Betriebsfall optimierte Anordnung der stromführenden Leiter,

- bei einer anderen Auslastung (Stromstärke), oder
- bei geänderter Stromrichtung, oder
- bei anderer Anordnung der Leiter

sogar eine Verstärkung des Magnetfeldes am zu betrachtenden Immissionsort bewirken kann. Dies ist insofern von besonderer Bedeutung, da aufgrund der zunehmenden dezentralen Einspeisung vor allem erneuerbarer Energien einzelnen Leitungen oftmals keine eindeutige Lastflussrichtung mehr zugeordnet werden kann. Eine gegenseitige Kompensation der magnetischen Felder zweier Drehstromkreise wird eingeschränkt, sobald nicht mehr die bei der Minimierung angenommenen Stromstärken und -richtungen vorhanden sind.

Die Anordnungen für die Optima des elektrischen und magnetischen Feldes können sich durchaus unterscheiden. Nicht immer gewährleistet also die für eine Feldart (elektrisch oder

magnetisch) gewählte optimierte Anordnung gleichzeitig auch eine Feldreduzierung für die andere Feldart.

Als Optimierung kann somit praktisch oft nur die Vermeidung des ungünstigsten Falls realisiert werden. Daher ist eine Optimierung mit Blick auf einzelne Immissionsorte entlang der Leitung oft nicht möglich.

a1) Optimieren der Leiteranordnung

Zur Optimierung elektrischer und/oder magnetischer Immissionen kann ein Wechsel der Phasenlage im Verlauf einer Leitungstrasse für Freileitungen konstruktiv nur an besonderen Abspannmasten (Verdriller) ausgeführt werden. Die Phasenlage beeinflusst auch die elektrischen Eigenschaften der Leitung im Netz, wobei aus betrieblicher Sicht insbesondere elektrische Unsymmetrien die Wahl der Phasenlage einschränken können. Daher ist eine Optimierung mit Blick auf einzelne Immissionsorte entlang einer Leitung oft nicht möglich. Bei Freileitungen kann nicht jedes Spannfeld für sich bzgl. der Phasenlage optimiert werden, da ansonsten jeder Mast als ein Verdriller ausgelegt werden müsste.

Die Netzbetreiber sind darum bemüht, Leitungen und Anlagen für Transport, Verteilung und Umspannung so zu errichten und zu betreiben, dass elektrische und magnetische Immissionen in den zumeist vorherrschenden Betriebszuständen und Netzkonstellationen optimiert sind.

a2) Verringerung der Leiterabstände

Die Felder können durch einen kleineren Abstand der Phasen zueinander auf den Raum in unmittelbarer Leitungsnähe konzentriert werden. Die resultierende Feldstärke am maßgeblichen Minimierungsort verringert sich, je geringer der Abstand der Phasen untereinander bzw. bei mehreren Stromkreisen je geringer der Systemabstand zueinander ist. Gleichfalls besteht die Möglichkeit verschiedene Drehstrom-Systeme (jeweils bestehend aus den drei Phasen L1, L2, L3) innerhalb einer Mastgeometrie zu optimieren. Hiermit sind u. U. kleinere Maste realisierbar (z. B. kürzere Traversen).

Bei Freileitungen stehen der Reduzierung der Abstände jedoch technische und betriebliche Grenzen gegenüber. Dies sind:

- Durch die Konzentration der Felder erhöht sich die Feldstärke zwischen den Einzelleitern sowie die Randfeldstärke auf den Leitern. Insbesondere bei Höchstspannungsfreileitungen steigt damit die Neigung zu Korona-Entladungen mit damit verbundenen Geräuschen – die ihrerseits eine immissionsschutzrelevante Größe sind.
- Für eine sichere Isolation der unter Spannung stehenden Leiter an Freileitungen sind Mindestabstände zwischen den Leitern notwendig. Leiterseile schwingen bei Windeinwirkung aus, der Durchhang ist von der Temperatur (Auslastung, Wetter) und mechanischen Zusatzlasten (z. B. Eislast) abhängig. Deshalb muss ein kleinerer Phasenabstand konstruktiv durch höhere Seilspannung oder kürzere Spannfelder, das heißt mit kräftigeren Masten bzw. mit einer höheren Anzahl Masten, realisiert werden.
- Bei Wartungsarbeiten muss ein Sicherheitsabstand zwischen dem Arbeitsbereich und unter Spannung stehenden Anlagenteilen eingehalten werden. Bei Mehrfachleitungen muss in der Regel ein zu wartender Stromkreis unabhängig von den anderen Stromkreisen zugänglich sein, um die Versorgungssicherheit nicht durch zu viele gleichzeitig abgeschaltete Stromkreise zu gefährden. Diese unabhängige Freischaltungsmöglichkeit einzelner Stromkreise ist bei zu geringen inneren Abständen nicht mehr gewährleistet.

Aufgrund der o. g. Einschränkungen sind Kompaktmaste dadurch nur bedingt konstruktiv geeignet, Leiter auf kleinem Raum zu tragen.

In Kabeltrassen liegen die Einzelleiter eines Stromkreises näher beieinander, als dies bei Freileitungen möglich ist. Auch hier ist der Abstand nicht beliebig reduzierbar. Insbesondere bei Hoch- und Höchstspannungskabeln ist die Abführung der Verlustwärme für den Abstand der Einzelkabel untereinander maßgebend und somit eine relevante Größe.

a3) Optimieren der Mastkopf- bzw. Legegeometrie

Die Anordnung der einzelnen Phasen und Stromkreise (Systeme) am Mast (Systemgeometrie) bestimmen u. a. die Mastform. Im Wesentlichen können die drei Phasen eines Stromkreises nebeneinander (Einebene), übereinander (Tonne, Tanne) oder im Dreieck (Donau, Wetterfichte, Lyra) angeordnet sein, oder in einer Kombination dieser Varianten.

Die Mastform wird abhängig von den Schutzgütern und den betriebstechnischen Aufgaben gewählt. So wird z. B. ein Einebenenmast bei Beschränkung der Bauhöhen und ein Tonnenmast bei Beschränkung der Schutzstreifenbreite (Waldeinschlag) verwendet.

Die verschiedenen Mastformen haben eine unterschiedliche Verteilung der elektrischen und magnetischen Felder zur Folge, so dass je nach betrachtetem Immissionsort die Optimierung unterschiedliche Ergebnisse liefern kann. In der Regel führt eine Optimierung für Immissionsorte direkt unter der Leitung zu einer gleichzeitigen Felderhöhung an Immissionsorten, die sich neben der Leitung befinden.

Bei Maßnahmen, die nicht mit einer baulichen Veränderung der Maste verbunden sind, ist eine Veränderung des Mastkopfes nicht möglich.

Bei einer Kabeltrasse führt zwar eine Dreiecksanordnung im Vergleich zur Einebenenanordnung zur Reduzierung des magnetischen Feldes. Von einer Ausführung als Dreiecksanordnung wird i. d. R. in der Hoch- und Höchstspannung jedoch unter anderem wegen schwierigerer Zugänglichkeit zu den unten liegenden Phasen und schlechterer Wärmeabfuhr abgesehen. Eine Ausnahme hiervon ist i. d. R. bei der Legung von Mittelspannungskabeln gegeben (je nach Legetechnik: Pflugverkabelung, offener Graben, Verrohrung, etc.). Bei der Verlegung mittels offenem Graben wird hier meistens eine Verlegung im Dreieck realisiert.

b) Abstandsoptimierung

Die von einer elektrischen Leitung ausgehenden Felder nehmen mit zunehmendem Abstand von der Feldquelle ab. Die Vergrößerung des Bodenabstandes bei einer Freileitung verringert damit die Immission an Orten unterhalb der Leitung. Mit zunehmendem Abstand von der Trasse nimmt der Minderungseffekt deutlich ab.

Eine wesentliche Erhöhung des Bodenabstands steht oft im Widerspruch zur Erhaltung des Landschaftsbilds, dem baulichen Aufwand und den Eingriffen in den Boden (Mastfundament) sowie in Eigentumsrechte Dritter. Dies gilt sowohl für die Abstandsoptimierung mithilfe höherer Masten als auch für die Abstandsoptimierung durch Verringerung der Spannfeldlänge.

Ähnlich dem Bodenabstand bei Freileitungen kann bei Kabeln durch eine größere Legetiefe Abstand zu Immissionsorten über der Trasse geschaffen werden. Diese Maßnahme hat aber keinen nennenswerten Einfluss auf die Immission in größeren Entfernungen.

Bei erheblich größeren Tiefen verschlechtern sich die Wärmeabfuhr und damit die Übertragungsfähigkeit der Kabel.

Abhängig vom Untergrund sind auch ökologische Gesichtspunkte relevant. Mit zunehmender Legetiefe erhöhen sich die Eingriffe in den Boden und die Baukosten überproportional. Zudem ergeben sich erhebliche betriebliche Nachteile wie bspw. bei der Fehlerortung und dem Zugang im Störfall.

Eine Möglichkeit zur Verringerung der Leiterabstände in Umspann- und Schaltanlagen stellt bspw. auch der Einsatz von gasisolierten Betriebsmitteln dar. Hiermit sind geringere Leiterabstände möglich als bei herkömmlichen luftisolierten Betriebsmitteln. Jedoch sind die klimarelevanten Eigenschaften der Gasisolation zu berücksichtigen.

c) Schirmung des elektrischen Feldes als Bestandteil der Anlage

Mittel-, Hoch- und Höchstspannungskabel sind mit Schirmdrähten oder anderen geeigneten metallischen Geflechtern versehen, um im Falle eines Fehlers im ungelöschten Netzbetrieb den Fehlerstrom führen zu können. Hierdurch wird die elektrische Feldstärke vollständig nach außen abgeschirmt.

Bei Freileitungen bewirkt das Mitführen zusätzlicher Erdleiterseile neben den oder unterhalb der Leiterseile nur eine geringe Minderung der elektrischen Feldstärke. Da die Einbringung zusätzlicher Seile in der Regel eine Erhöhung der Masten mit den ggf. damit verbundenen weiteren baulichen Anpassungen erforderlich macht, steht die erzielte Feldminderung grundsätzlich in keinem vertretbaren Verhältnis zum entstehenden Aufwand und der zusätzlichen Beeinträchtigung der Schutzgüter „Boden“ und „Landschaftsbild“.

4.1.2.2 Minimierungsmöglichkeiten spezieller Betriebsmittel

Umspannanlagen bestehen aus verschiedenen Komponenten, so dass eine differenziertere Betrachtung bezüglich der Minimierung der Felder notwendig ist.

Durch die Anordnung der Komponenten zueinander können sich Auswirkungen auf die elektrischen und magnetischen Felder ergeben. Die hierdurch bei der Errichtung der Anlage zu erreichende Minimierung ist durch eine Vielzahl von Parametern (z.B. örtliche Gegebenheiten des Grundstücks und der Umgebung, betriebliche Rahmenbedingungen, Lage der Leitungszuführungen) bestimmt. Sofern das elektrische und magnetische Feld maßgebend durch die Leitungszuführungen bestimmt wird, kann eine weitere Minimierung der übrigen Anlagenkomponenten zu vernachlässigen sein.

Bei wesentlichen Änderungen in bestehenden Anlagen kann die Anordnung der Komponenten i.d.R. nicht geändert werden.

4.1.3 Minimierungsmöglichkeiten nach dem Stand der Technik

Zur Beschreibung von Minimierungsmaßnahmen nach dem Stand der Technik können Betriebsmittel verschiedener Nennspannungen, welche bzgl. der möglichen Minimierungsoptionen gleichartige Eigenschaften aufweisen, gemäß Abschnitt 6.1 eingeteilt werden:

Gemäß der 26. BImSchVVwV stehen folgende Maßnahmen als Minimierungsmöglichkeiten nach Stand der Technik zur Verfügung:

- Kompensation der Felder;
 - Optimierung der Leiteranordnung;
 - Minimierung der Seil- bzw. Kabelabstände;

- Optimieren der Mastkopf-/Legegeometrie;
- Abstandsoptimierung zu maßgeblichen Immissionsorten (höhere Masten bzw. tiefere Verlegung von Kabeln);
- Schirmung des elektrischen Feldes bei Freileitungen;
- Optimierung der 0,4-kV-Einspeisung bei Ortsnetz-Umspannstationen;

Nicht jede o. g. Minimierungsmöglichkeit ist auf jedes Betriebsmittel oder jede Spannungsebene anwendbar. Eine detaillierte Beschreibung der einzelnen Möglichkeiten und Anwendungsfälle wird in den im Anhang A beigefügten Tabellen aufgezeigt.

Als mögliche Beurteilungskriterien auf der Basis des Standes der Technik wurden insgesamt adressiert:

- die Wirksamkeit einer Maßnahme;
- Unzulässigkeit der Felderhöhung an anderen maßgeblichen Minimierungsorten in allen Betriebszuständen;
- die zu berücksichtigenden Schutzgüter Boden, Landschaft, Wasser, Pflanzen und Tiere, Luft und Klima, Kultur- und Sachgüter;
- Lärmemissionen;
- Betriebssicherheit;
- Belange Dritter (Privatpersonen, Gewerbe, Kommunen, Vereine, etc.);
- Versorgungszuverlässigkeit;
- Zugänglichkeit und Fluchtwege;
- Störungsmanagement;
- Arbeitsschutz;
- Einhaltung der Schutzabstände unter Berücksichtigung der im Kurzschlussfall auftretenden magnetischen Kräfte;
- Technik und Bauwerke;
- Berücksichtigung der Lage vorhandener Leitungen, auch derjenigen anderer Netzbetreiber, und von Transportwegen
- Abstimmung mit anderen Netzbetreibern;
- Erwärmung und Stromtragfähigkeit;
- Bodenbeschaffenheit;
- Kreuzungen (Gewässer, Bahn, Straße, etc.);
- Ökonomie (Verhältnismäßigkeit des Nutzens zum Aufwand);

Nicht jedes o. g. Beurteilungskriterium ist auf jedes Betriebsmittel oder jede Spannungsebene anwendbar. Eine detaillierte Beschreibung der einzelnen Möglichkeiten und Anwendungsfälle wird in den im Anhang A beigefügten Tabellen aufgezeigt.

4.2 Anlagenspezifische Gegebenheiten in Übertragungsnetzen, Verteilnetzen und Bahnstromnetzen

4.2.1 Anlagenspezifische Gegebenheiten in Übertragungsnetzen

4.2.1.1 Hochspannungsdrehstromübertragung

Hochspannungsdrehstromübertragungsanlagen unterliegen aufgrund der räumlichen Ausdehnung in der Regel Genehmigungsverfahren. Durch die damit verbundene Komplexität werden die Minimierungsmaßnahmen gemäß der 26. BImSchVVwV und ihr Einfluss auf die Leitungsparameter detailliert in Anlage C betrachtet.

4.2.1.2 Hochspannungsgleichstromübertragung

Hochspannungsgleichstromübertragungsstrecken bestehen aus Umrichteranlagen, Freileitungen und/oder Kabeln. Umrichteranlagen sind vergleichbar mit Umspannwerken, die zusätzlich zur konventionellen Drehstromtechnik leistungselektronische Umrichter beinhalten. Diese Umrichter sind in einem geschlossenen, elektrische Felder abschirmenden Gebäude (Konverterhalle) installiert und im Betrieb für Personen nicht zugänglich. Für die Minimierungsmöglichkeiten der übrigen, insbesondere außerhalb der Konverterhalle angeordneten Leiter und Komponenten gelten die Ausführungen von 4.1.2.2.

Für HGÜ-Freileitungen und -Kabel gelten dieselben Aussagen über technische Möglichkeiten zur Minimierung der Flussdichten und Feldstärken gemäß 4.1.2 für die Kompensation der Felder (Optimieren der Leiteranordnung, Verringerung der Leiterabstände, Optimieren der Mastkopf- bzw. Legegeometrie), für die Abstandsoptimierung und die Schirmung der elektrischen Felder.

4.2.2 Anlagenspezifische Gegebenheiten in Verteilnetzen

4.2.2.1 Aufgabe und Bauformen

In Ortsnetz-Umspannstationen (kurz: Umspannstationen) wird die für den verlustarmen Energietransport höhere Mittelspannung (z. B. 20 kV) auf die für den Verbraucher notwendige Niederspannung (230/400 Volt) herunter transformiert und ins Niederspannungsortsnetz eingespeist und hiermit bis zum Endkunden verteilt.

Neue Umspannstationen werden sowohl als fabrikfertige oder vor Ort errichtete Netzstationen ausgeführt. Dabei wird davon ausgegangen, dass fabrikfertige Netzstationen bereits vom Hersteller hinsichtlich der 26. BImSchVVwV minimiert sind. Bei fabrikfertigen, nicht begehbaren Netzstationen (Kompaktstationen) ist das Minimierungspotenzial in der Regel bereits herstellerseitig ausgeschöpft. Andere Bauformen stellen seltene Ausnahmen dar. Die Anschlüsse an das Mittel- und Niederspannungsnetz erfolgen dabei i. d. R. über Erdkabel.

Eine im Bestand noch vorhandene Bauform von Umspannstationen stellt die sog. Maststation dar. Sie wurde überwiegend im ländlichen Bereich und für den Anschluss von abgelegenen Kundenanlagen (z. B. für den Anschluss von Wasserreservoirs, etc.) installiert. Da im Einwirkungsbereich solcher Stationen sich in der Regel keine „Orte zum nicht nur vorübergehendem Aufenthalt“ befinden, wird nachfolgend auf diesen Stationstyp nicht mehr gesondert eingegangen.

4.2.2.2 Minimierungsmöglichkeit durch geeignete Bauteile und Montage

Bei der Errichtung von begehbaren Gebäudestationen kann bei der Ausführung und Montage der elektrischen und feldaktiven Bauteile durch geeignete Maßnahmen, wie z. B. durch kleinere Abstände zwischen den einzelnen Phasen (L1, L2, L3) eines Drehstrom-Systems, oder größeren

Abständen feldaktiver Bauteile zu Außenwänden eine Minimierung der magnetischen Felder erreicht werden.

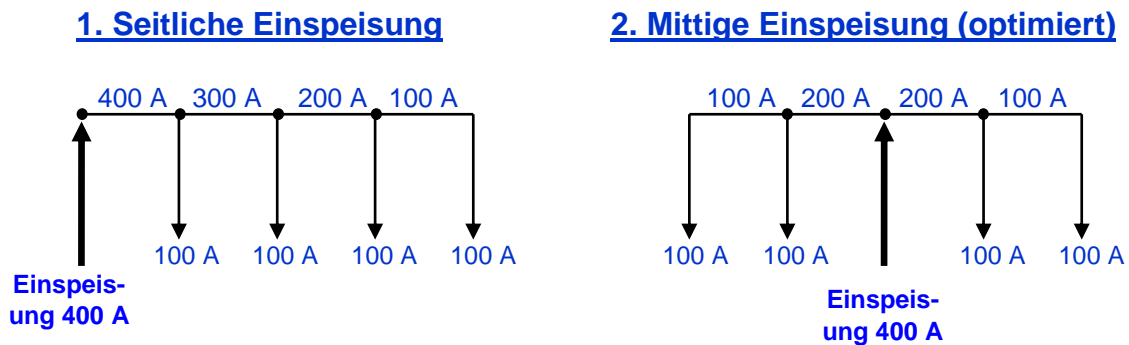
4.2.2.3 Minimierungsmöglichkeit durch Abstandsvergrößerung feldaktiver Bauteile zu maßgeblichen Minimierungsarten

Durch eine direkte Verlegung der 0,4-kV-Kabel vom Transformator zur Niederspannungsverteilung kann ein größtmöglicher Abstand zu den Wänden und zur Innendecke der Station erreicht werden. Mit dem Abstand zum stromführenden Leiter nimmt die magnetische Flussdichte ab. Dadurch werden schon durch relativ geringfügige Vergrößerungen der Abstände deutliche Minderungen in der magnetischen Flussdichte erreicht. Auch eine Ausrichtung der Niederspannungsseite auf eine von maßgeblichen Minimierungsarten abgewandte Seite trägt daher zur Feldminimierung bei.

4.2.2.4 Minimierungsmöglichkeit durch Optimierung der Stromeinspeisung in der Niederspannungsverteilung

Die Mitteneinspeisung der Niederspannungsverteilung bewirkt in der Regel eine deutliche Reduktion der Stromstärke auf den Stromschienen der Verteilung im Vergleich zur Seiteneinspeisung. Da die magnetische Flussdichte linear von der Stromstärke abhängt, wird dadurch in den meisten Fällen eine deutliche Minderung der Flussdichte um die Station erreicht. Im Falle von Kompaktstationen stellt dies die einzige Minimierungsmöglichkeit dar.

Beispiel:



Bei ungleichmäßiger Verteilung der Abgangsleistungen liegt der optimale Einspeisepunkt möglicherweise außerhalb der Mitte. In diesem Falle ist er gesondert zu ermitteln. Bei sich ständig ändernden Abgangsleistungen ist diese Lösungsmöglichkeit möglicherweise nur eingeschränkt wirksam.

Die in den o. g. Abschnitten 4.2.2.2 – 4.2.2.4 beschriebenen Minimierungsmöglichkeiten können i. d. R. sowohl beim Neubau als auch bei nach 26. BImSchV definierter Wesentlicher Änderung angewendet werden. Jeder Einzelfall muss allerdings auf Realisierbarkeit und mögliche Auswirkungen entsprechend der in der Tabelle A.11. „VNB Ortsnetz-Umspannstationen MS, NS“ dargestellten Kriterien untersucht werden.

4.2.3 Anlagenspezifische Gegebenheiten in Bahnstromnetzen

Eine Errichtung (Neubau) oder wesentliche Änderung einer elektrischen Anlage liegt immer dann vor, wenn eine Zulassungsentscheidung des Eisenbahn-Bundesamtes nach § 18 AEG notwendig ist.

Das 16,7 Hz Bahnstromnetz besteht aus einem Einphasen-Wechselstromnetz und nicht aus einem Drehstromnetz. Somit werden pro Stromkreis lediglich zwei Leiter benötigt. Nicht alle für das Drehstromnetz beschriebenen Minimierungsmaßnahmen sind somit umsetzbar.

5 Dokumentation der Minimierungsprüfung und Maßnahmenfestlegung entsprechend 26. BImSchVVwV

Bei Neubaumaßnahmen und wesentlichen Änderungen von Leitungsanlagen sowie Umspann- und Schaltanlagen sieht die 26. BImSchVVwV ein Prüfverfahren mit folgenden Schritten vor:

- Schritt 1: Zunächst muss geprüft und dokumentiert werden, ob sich maßgebliche Minimierungsorte im Einwirkungsbereich eines unter die Verordnung fallenden Vorhabens befinden.
- Schritt 2: Im zweiten Schritt ist in Abhängigkeit vom Abstand der Anlage von einem maßgeblichen Minimierungsort das Minimierungspotenzial hinsichtlich individueller oder repräsentativer Minimierungsorte zu prüfen. Dabei sind die technischen Minimierungsmöglichkeiten zu untersuchen.
- Schritt 3: Zuletzt muss der Betreiber für jedes einzelne Vorhaben eine Verhältnismäßigkeitsprüfung unter Berücksichtigung der Gegebenheiten im Einzelfall durchführen.

Bei Standardanlagen wird jedoch die Prüfung vielfach standardisiert ablaufen und die Prüfschritte können so auf ein Minimum reduziert werden.

Um die Prüfung und die Dokumentation der Minimierungsmaßnahmen für typische Anlagen in den Verteilnetzen effizient bearbeiten zu können, wurden die Musterformulare im Anhang B erarbeitet. Die Formulare dienen dabei zur Bearbeitung der oben genannten Schritte 2 und 3.

Sofern eine Anzeigepflicht besteht, können die Formulare ergänzend auch den vom LAI geforderten Unterlagen zur Anzeige beigelegt werden.

6 Bewertungssystematik von Minimierungsoptionen nach 26. BImSchVVwV

6.1 Anwendung der Bewertungssystematik

Im Hinblick auf die Abwägung verschiedener Schutzgüter ist eine Klassifizierung und Bewertung aller Auswirkungen von möglichen Minimierungsmaßnahmen zu treffen. Im Falle von Standardanlagen kann hierfür die standardisierte Betrachtung gemäß Formblatt „Dokumentation Feldminimierung“ angewendet werden. Nach Ausschöpfung der anlagenimmanenten Minimierungsmöglichkeiten ist die Lage von Leitungen bzw. Anlagen zu den maßgeblichen Minimierungsorten zu berücksichtigen. Für Anlagen, bei denen die Anwendung der standardisierten Betrachtung nicht möglich ist, ist eine detaillierte Betrachtung gemäß den Tabellen im Anhang A zu empfehlen.

In den Tabellen im Anhang A sind die Minimierungsmöglichkeiten nach dem Stand der Technik gemäß der 26. BImSchVVwV [3] für verschiedene Betriebsmittel und Komponenten beschrieben. Gleichzeitig ist eine Systematik zur Bewertung von verschiedenen Minimierungsmöglichkeiten dargestellt. Somit können mit einheitlicher Systematik und reproduzierbar die sich aus den Minimierungsoptionen ergebenden Auswirkungen auf umweltrelevante oder sonstige relevante Aspekte dargestellt werden. Entsprechend den adressierten Auswirkungen kann bereits im Planungs- und Projektierungsstadium objektiv über die realisierbaren Minimierungsmaßnahmen entschieden werden.

Somit kann für jede entsprechende Minimierungsmaßnahme nach [3] eine grundsätzliche und allgemeingültige Bewertung durchgeführt werden. Dabei kann es in der Praxis hilfreich sein, wenn diese Bewertung von Netzbetreiber, Behörde und Betroffenen gemeinsam durchgeführt wird.

6.2 Tabellarische Darstellung der Bewertung möglicher Minimierungsmaßnahmen

In den Tabellen im Anhang A werden diesbezüglich folgende Leitungen und Anlagen betrachtet:

Tabelle A.1: ÜNB	HGÜ-Freileitungen
Tabelle A.2: ÜNB	HGÜ-Erdkabel
Tabelle A.3: ÜNB	Stromrichteranlagen
Tabelle A.4: DB	Bahnstromfreileitungen
Tabelle A.5: DB	Bahnstromerdkabel
Tabelle A.6: DB	Bahnstromnebenanlagen
Tabelle A.7: ÜNB/VNB	Freileitungen HöS, HS
Tabelle A.8: VNB	Freileitungen MS
Tabelle A.9: ÜNB/VNB	Kabel bis einschl. 220 kV
Tabelle A.10: ÜNB/VNB	Umspannwerke und Schaltstationen HöS, HS, MS
Tabelle A.11: VNB	Ortsnetz-Umspannstationen MS, NS

Im entsprechenden Anhang A sind die Tabellen als Vorlagen beigefügt. Sie können für die Vorbereitung von Projekten und Genehmigungsverfahren jeweils nach den dort vorherrschenden Gegebenheiten ausgefüllt werden.

Anhang A

Bewertung möglicher Minimierungsoptionen nach 26. BImSchVVwV – Beispielformulare für den Einzelfall (Projektbearbeitung)

Erläuterung zu den Tabellen

Zur Einstufung der einzelnen Minimierungsmöglichkeiten ist in den verschiedenen Spalten eine Bewertung entsprechend nachfolgender Klassifizierung vorzunehmen:

Wirksamkeit einer Maßnahme	
++	deutliche Minderung in praktisch allen Fällen erreichbar
+	in der Regel nachweisbare Minderung erreichbar
0	keine Minderung erreichbar; Risiko der Umkehr des Effektes / Einzelfallprüfung erforderlich
-	Negativeffekte für Teilbereiche möglich / Risiko der Umkehr des Effektes; Einzelfallprüfung erforderlich
	Ein leeres Feld entspricht ausschließlich der Bewertung "0"

Bewertung verschiedener Schutzgüter, Belange Dritter, betriebliche Auswirkungen, Personensicherheit	
+	Verbesserung bzw. positive Auswirkung
0	neutral / unverändert
-	Verschlechterung / negative Auswirkung
	Ein leeres Feld entspricht ausschließlich der Bewertung "0"

Ökonomie einer Maßnahme	
++	ohne Mehraufwand durchführbar
+	Mehraufwand angemessen für prognostizierten Effekt bzw. nur in Einzelfällen Effekt erreichbar
0	Einzelfallprüfung erforderlich, nicht in allen Fällen verhältnismäßig
-	Erwartung deutlich höherer Kosten, welche zum Neubau führen können, Prinzip NOVA nicht anwendbar
	Ein leeres Feld entspricht ausschließlich der Bewertung "0"

Hinweis: Kombinationen von "+/0/-" sind möglich!

Bemerkung / Verhältnismäßigkeit:

Hinweise zu relevanten Sachverhalten der jeweils betrachteten Minimierungsmöglichkeit

Tabelle A.1		HGÜ-Freileitungen															
Minimierungsmöglichkeiten nach 26. BImSchVVwV																	
Bewertung für den Einzelfall		Projektname:															
Beurteilungsmatrix für HGÜ-Freileitungen		Beurteilungskriterien														Bemerkungen / Verhältnismäßigkeit	
		Wirksamkeit	Schutzgüter							Belange Dritter	Betriebliche Auswirkungen						Ökonomie
			Boden	Landschaft	Wasser	Pflanzen, Tiere	Luft, Klima	Kulturgüter, Sachgüter	Lärm		Versorgungszuverlässigkeit	Zugänglichkeit	Störungsmanagement	Arbeitsschutz	Technik und Bauwerke		
A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	N	O	P		
Minimierungsoptionen nach 26. BImSchVVwV	Abstandsoptimierung nach Ziff. 5.1.1.1																
	Elektrische Schirmung nach Ziff. 5.1.1.2																
	Minimieren der Seilabstände nach Ziff. 5.1.1.3																
	Optimieren Mastkopfgeometrie nach Ziff. 5.1.1.4																
	Optimieren der Polanordnung nach Ziff. 5.1.1.5																

Tabelle A.2		HGÜ-Erdkabel																
Minimierungsmöglichkeiten nach 26. BImSchVVwV																		
Bewertung für den Einzelfall		Projektname:																
Beurteilungsmatrix für HGÜ-Erdkabel		Beurteilungskriterien																
		Wirksamkeit	Schutzgüter							Belange Dritter	Betriebliche Auswirkungen							Ökonomie
			Boden	Landschaft	Wasser	Pflanzen, Tiere	Luft, Klima	Kulturgüter, Sachgüter	Versorgungszuverlässigkeit		Zugänglichkeit	Störungsmanagement	Arbeitsschutz	Technik und Bauwerke	Erwärmung / Stromtragfähigkeit	Kreuzungen (Gewässer, Bahn, Straße, etc.)		
A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	N	O	P			
Minimierungsoptionen nach 26. BImSchVVwV	Optimieren der Kabelabstände nach Ziff. 5.1.2.1																	
	Optimieren der Polanordnung nach Ziff. 5.1.2.2																	
	Optimieren der Verlegetiefe nach Ziff. 5.1.2.3																	
		Bemerkungen / Verhältnismäßigkeit																

Tabelle A.3		Stromrichteranlagen															
Minimierungsmöglichkeiten nach 26. BImSchVVwV																	
Bewertung für den Einzelfall		Projektname:															
Beurteilungsmatrix für Stromrichteranlagen		Beurteilungskriterien														Bemerkungen / Verhältnismäßigkeit	
		Wirksamkeit	Schutzgüter							Belange Dritter	Betriebliche Auswirkungen						Ökonomie
			Boden	Landschaft	Wasser	Pflanzen, Tiere	Luft, Klima	Kulturgüter, Sachgüter	Versorgungszuverlässigkeit		Zugänglichkeit	Störungsmanagement	Arbeitsschutz	Technik und Bauwerke	Erwärmung / Stromtragfähigkeit		
A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	N	O			
Minimierungsoptionen nach 26. BImSchVVwV	Abstandsoptimierung nach Ziff. 5.1.3.1																
	Minimieren der Distanzen zwischen Betriebsmitteln mit unterschiedlicher Polarität nach Ziff. 5.1.3.2																

Tabelle A.4		Bahnstromfreileitungen														
Minimierungsmöglichkeiten nach 26. BImSchVVwV																
Bewertung für den Einzelfall		Projektname:														
Beurteilungsmatrix für Bahnstromfreileitungen		Beurteilungskriterien														
		Wirksamkeit	Schutzgüter							Belange Dritter	Betriebliche Auswirkungen					Ökonomie
Boden	Landschaft		Wasser	Pflanzen, Tiere	Luft, Klima	Kulturgüter, Sachgüter	Versorgungszuverlässigkeit	Zugänglichkeit	Störungsmanagement		Arbeitsschutz	Technik und Bauwerke	Kreuzungen (Gewässer, Bahn, Straße, etc.)			
Minimierungsoptionen nach 26. BImSchVVwV	Abstandsoptimierung nach Ziff. 5.2.1.1															
	Elektrische Schirmung nach Ziff. 5.2.1.2															
	Minimieren der Seilabstände nach Ziff. 5.2.1.3															
	Optimieren der Mastkopfgeometrie nach Ziff. 5.2.1.4															
	Optimieren der Leiteranordnung nach Ziff. 5.2.1.5															

Tabelle A.5		Bahnstromerkabel														
Minimierungsmöglichkeiten nach 26. BImSchVVwV																
Bewertung für den Einzelfall		Projektname:														
Beurteilungsmatrix für Bahnstromerkabel		Beurteilungskriterien														Bemerkungen / Verhältnismäßigkeit
		Wirksamkeit	Schutzgüter							Belange Dritter	Betriebliche Auswirkungen					
Boden	Landschaft		Wasser	Pflanzen, Tiere	Luft, Klima	Kulturgüter, Sachgüter	Versorgungszuverlässigkeit	Zugänglichkeit	Störungsmanagement		Arbeitsschutz	Technik und Bauwerke	Kreuzungen (Gewässer, Bahn, Straße, etc.)			
Minimierungsoptionen nach 26. BImSchVVwV	Minimieren der Kabelabstände nach Ziff. 5.2.2.1															
	Optimieren der Leiteranordnung nach Ziff. 5.2.2.2															
	Optimieren der Verlegegeometrie nach Ziff. 5.2.2.3															
	Optimieren der Verlegetiefe nach Ziff. 5.2.2.4															

Tabelle A.6		Bahnstromnebenanlagen														
Minimierungsmöglichkeiten nach 26. BImSchVVwV																
Bewertung für den Einzelfall		Projektname:														
Beurteilungsmatrix für Bahnstromnebenanlagen		Beurteilungskriterien														
		Wirksamkeit	Schutzgüter						Belange Dritter	Betriebliche Auswirkungen						Ökonomie
Boden	Landschaft		Wasser	Pflanzen, Tiere	Luft, Klima	Kulturgüter, Sachgüter	Versorgungszuverlässigkeit	Zugänglichkeit		Störungsmanagement	Arbeitsschutz	Technik und Bauwerke	Erwärmung / Stromtragfähigkeit			
Bemerkungen / Verhältnismäßigkeit																
Minimierungsoptionen nach 26. BImSchVVwV	Abstandsoptimierung nach Ziff. 5.2.4.1															
	Minimieren der Distanzen zwischen Betriebsmitteln nach Ziff. 5.2.4.2															

Tabelle A.7		ÜNB/VNB Freileitungen Höchstspannung, Hochspannung																
Minimierungsmöglichkeiten nach 26. BImSchVVwV																		
Bewertung für den Einzelfall		Projektname:																
Beurteilungsmatrix für Freileitungen mit Nennspannung ab 110 kV der Übertragungsnetzbetreiber, Verteilnetzbetreiber (in der Regel Bündelleiter pro Phase)		Beurteilungskriterien																
		Wirksamkeit	Schutzgüter							Lärm	Belange Dritter	Betriebliche Auswirkungen						Ökonomie
			Boden	Landschaft	Wasser	Pflanzen, Tiere	Luft, Klima	Kulturgüter, Sachgüter	Versorgungszuverlässigkeit			Zugänglichkeit	Störungsmanagement	Arbeitsschutz	Technik und Bauwerke	Kreuzungen (Gewässer, Bahn, Straße, etc.)		
A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	N	O	P	Bemerkungen / Verhältnismäßigkeit		
Minimierungsoptionen nach 26. BImSchVVwV	Abstandsoptimierung nach Ziff. 5.3.1.1																	
	Elektrische Schirmung nach Ziff. 5.3.1.2																	
	Minimieren der Seilabstände nach Ziff. 5.3.1.3																	
	Optimieren Mastkopfgeometrie nach Ziff. 5.3.1.4																	
	Optimieren Leiteranordnung nach Ziff. 5.3.1.5																	

Tabelle A.8		VNB Freileitungen Mittelspannung																
Minimierungsmöglichkeiten nach 26. BImSchVVwV																		
Bewertung für den Einzelfall		Projektname:																
Beurteilungsmatrix für Freileitungen mit Nennspannung < 110 kV der Verteilnetzbetreiber (in der Regel Einzelleiter pro Phase)		Beurteilungskriterien															Bemerkungen / Verhältnismäßigkeit	
		Wirksamkeit	Schutzgüter							Belange Dritter	Betriebliche Auswirkungen							Ökonomie
			Boden	Landschaft	Wasser	Pflanzen, Tiere	Luft, Klima	Kulturgüter, Sachgüter	Versorgungszuverlässigkeit		Zugänglichkeit	Störungsmanagement	Arbeitsschutz	Technik und Bauwerke	Kreuzungen (Gewässer, Bahn, Straße, etc.)			
A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	N	O				
Minimierungsoptionen nach 26. BImSchVVwV	Abstandsoptimierung nach Ziff. 5.3.1.1																	
	Elektrische Schirmung nach Ziff. 5.3.1.2																	
	Minimieren der Seilabstände nach Ziff. 5.3.1.3																	
	Optimieren Mastkopfgeometrie nach Ziff. 5.3.1.4																	
	Optimieren Leiteranordnung nach Ziff. 5.3.1.5																	

Tabelle A.9		ÜNB/VNB Kabel bis 220 kV																
Minimierungsmöglichkeiten nach 26. BImSchVVwV																		
Bewertung für den Einzelfall		Projektname:																
Beurteilungsmatrix für Kabel mit Nennspannung bis einschl. 220 kV der Übertragungsnetzbetreiber, Verteilnetzbetreiber		Beurteilungskriterien																
		Wirksamkeit	Schutzgüter							Belange Dritter	Betriebliche Auswirkungen							Ökonomie
			Boden	Landschaft	Wasser	Pflanzen, Tiere	Luft, Klima	Kulturgüter, Sachgüter	Versorgungszuverlässigkeit		Zugänglichkeit	Störungsmanagement	Arbeitsschutz	Technik und Bauwerke	Erwärmung / Stromtragfähigkeit	Kreuzungen (Gewässer, Bahn, Straße, etc.)		
A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	N	O	P			
Minimierungsoptionen nach 26. BImSchVVwV	Optimierung der Kabelabstände, Trassenbündelung nach Ziff. 5.3.2.1																	
	Optimierung der Leiteranordnung / Phasenlage nach Ziff. 5.3.2.2																	
	Optimieren der Verlegegeometrie (z.B. Dreiecksverlegung, verdrehtes Einleiterkabel in der Mittelspannung) nach Ziff. 5.3.2.3																	
	Optimieren der Verlegetiefe nach Ziff. 5.3.2.4																	
		Bemerkungen / Verhältnismäßigkeit																

Tabelle A.10		ÜNB/VNB Umspannwerke und Schaltstationen Höchst-, Hoch-, Mittelspannung															
Minimierungsmöglichkeiten nach 26. BImSchVVwV																	
Bewertung für den Einzelfall		Projektname:															
Beurteilungsmatrix für Umspannanlagen Höchstspannung / Hochspannung / Mittelspannung der Übertragungsnetzbetreiber, Verteilnetzbetreiber		Beurteilungskriterien															
		Wirksamkeit	Schutzgüter							Belange Dritter	Betriebliche Auswirkungen						Ökonomie
			Boden	Landschaft	Wasser	Pflanzen, Tiere	Luft, Klima	Kulturgüter, Sachgüter	Versorgungszuverlässigkeit		Zugänglichkeit	Störungsmanagement	Arbeitsschutz	Technik und Bauwerke	Erwärmung / Stromtragfähigkeit		
A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	N	O	Bemerkungen / Verhältnismäßigkeit		
Minimierungsoptionen nach 26. BImSchVVwV	Abstand feldemittierender Betriebsmittel zur Grenze des Betriebsgebäudes/-geländes vergrößern nach Ziff. 5.3.3.1																
	Verringerung des Abstandes der Einzeladern (z.B. Verlegung von Stromschiene im Dreieck) nach Ziff. 5.3.3.2																

Tabelle A.11	VNB Ortsnetz-Umspannstationen Mittelspannung, Niederspannung
--------------	--

Minimierungsmöglichkeiten nach 26. BImSchVVwV

Bewertung für den Einzelfall		Projektname:															
Beurteilungsmatrix für Ortsnetzumspannstationen Mittelspannung / Niederspannung der Verteilnetzbetreiber		Beurteilungskriterien															
		Wirksamkeit	Schutzgüter							Belange Dritter	Betriebliche Auswirkungen						Ökonomie
			Boden	Landschaft	Wasser	Pflanzen, Tiere	Luft, Klima	Kulturgüter, Sachgüter	Versorgungszuverlässigkeit		Zugänglichkeit	Störungsmanagement	Arbeitsschutz	Technik und Bauwerke	Erwärmung / Stromtragfähigkeit		
A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	N	O	Bemerkungen / Verhältnismäßigkeit		
Minimierungsoptionen nach 26. BImSchVVwV	Abstand feldemittierender Betriebsmittel zur Grenze des Betriebsgebäudes/-geländes vergrößern nach Ziff. 5.3.4.1																
	Bei Trafoableitung alle drei Phasen und PEN-Leiter gebündelt montieren nach Ziff. 5.3.4.2																
	Optimieren von Einspeisung und Abgängen der Niederspannungsverteilung (z.B. Mitteneinspeisung) nach Ziff. 5.3.4.3																

Anhang B

Beispiele für die Dokumentation der Minimierungsprüfung – Musterformulare für Verteilnetzbetreiber

Übersicht der Musterformulare

- B.1 Ortsnetzumspannstation (50 Hz) mit Nennspannung ≥ 1 kV
- B.2 Drehstromumspann- und Drehstromschaltanlagen ≥ 1 kV und ≤ 110 kV
- B.3 Drehstromfreileitung (50 Hz) mit Nennspannung ≥ 1 kV und < 110 kV
- B.4 Drehstromfreileitung (50 Hz) mit Nennspannung von 110 kV
- B.5 Drehstromerdkabel (50 Hz) mit einer Nennspannung ≥ 1 kV und < 50 kV
- B.6 Drehstromerdkabel (50 Hz) mit einer Nennspannung von 110 kV

Dokumentation Feldminimierung

B.1 Ortsnetzumspannstation (50 Hz) mit Nennspannung ≥ 1 kV

nach 26. BImSchVVwV vom 03.03.2016

Stationsname: _____

Nennspannung: _____ kV

Typ/Bezeichnung: _____

kV

Vorprüfung

- Neubau/Errichtung**
 Wesentliche Änderung¹
 weder noch: Vorprüfung hiermit abgeschlossen

Im Abstand von **10 m** zur Einhausung (Einwirkungsbereich der Anlage) befindet sich mindestens ein maßgeblicher Minimierungsort, also ein Gebäude oder Grundstück im Sinne des § 4 Absatz 1 26. BImSchV (Wohnungen, Krankenhäuser, Schulen, Kindergärten, Kinderhorte, Spielplätze oder ähnliche Einrichtungen) sowie jedes Gebäude oder Gebäudeteil, das zum nicht nur vorübergehenden Aufenthalt von Menschen (regelmäßig mehrere Stunden) bestimmt ist:

- ja**, siehe Lageplan: Fortsetzung mit der nachfolgenden Maßnahmenbewertung
 nein, siehe Lageplan: Keine weitere Maßnahmenbewertung

Maßnahmenbewertung und Festlegung der Minimierungsmaßnahmen

Gemäß der Begründung zur 26. BImSchVVwV vom 03.03.2016 wurden die Minimierungsmaßnahmen der in Nr. 5 der 26. BImSchVVwV aufgeführten technischen Möglichkeiten geprüft und deren Umsetzung entsprechend der nachfolgenden Dokumentation bewertet:

Abstandsoptimierung (gemäß 5.3.4.1 26.BImSchVVwV)

Grund*:

- a) Feldverursachende Anlagenteile werden innerhalb des Betriebsraums mit größtmöglicher Distanz zu maßgeblichen Minimierungsorten errichtet: ja nein, weil: _____
- b) Ausrichtung der Niederspannungsseite von Transformatoren auf eine von maßgeblichen Minimierungsorten abgewandten Seite des Betriebsraums: ja nein, weil: _____
- c) Verlegen von Leitungen auf kurzmöglichstem Weg an den von maßgeblichen Minimierungsorten am weitesten entfernten Wänden oder am Fußboden der Anlage: ja nein, weil: _____
- d) Erhöhung des Masten bei Maststationen: ja nein, weil: _____

Minimieren der Distanzen zwischen Betriebsmitteln/-elementen mit unterschiedlicher Phasenbelegung

- e) (gemäß 5.3.4.2 26.BImSchVVwV) (z.B. Kompaktbauweise): ja nein, weil: _____

Optimieren von Einspeisung und Abgängen der Niederspannungsverteilung (gemäß 5.3.4.3 26.BImSchVVwV)

- f) Mitteneinspeisung ja nein, weil: _____

*Begründungs-Liste (wenn "nein" angekreuzt wurde, entsprechende Nr. neben Kästchen angeben)

- 1 Maßnahme verursacht Felderhöhung an anderen relevanten maßgeblichen Minimierungsorten
- 2 Erhebliche Beeinträchtigung der Betriebssicherheit bzw. des Arbeitsschutzes (gemäß 3.2.3 26.BImSchVVwV)
- 3 Erhebliche Beeinträchtigung bei Wartung und Verfügbarkeit der Anlage (gemäß 3.2.3 26.BImSchVVwV)
- 4 Unterschreiten der Schutzabstände gemäß DIN VDE 0105 - Teil 100
- 5 Keine eindeutige Lastflussrichtung gegeben (dezentrale Einspeisung)
- 6 Maßnahme aufgrund der Mast-/Fundamentstatik nicht durchführbar
- 7 Ausrichtung durch Lage der Freileitungen, Kabel, Lüftung und/oder Transportwege vorgegeben
- 8 Drehung der Station wegen erforderlichem Fluchtweg oder Zugänglichkeit nicht möglich
- 9 Erhebliche Nachteilige Auswirkungen auf andere Schutzgüter (z.B. Natur-,Vogel- oder Landschaftsschutz)
- 10 Aufgrund der Gebäudeabmessungen nicht durchführbar
- 11 Standort bzw. Räumlichkeit durch Dritte vorgegeben
- 12 geringer Minderungseffekt bei hohen Kosten, kurze Begründung:

13 _____

Datum/ Unterschrift

Betreiber

¹ Die Änderung der Lage, der Beschaffenheit oder des Betriebs einer Anlage, wenn durch die Änderung nachteilige Auswirkungen (hier: elektrische und magnetische Felderhöhungen) hervorgerufen werden können (vgl. § 16 BImSchG).

Dokumentation Feldminimierung

nach 26. BImSchVVwV vom 03.03.2016

B.2 Drehstromumspann-/Drehstromschaltanlagen ($U_{\text{Nenn}} \geq 1 \text{ kV}$ und $\leq 110 \text{ kV}$)

Stationsname: _____

Nennspannung: _____

Typ/Bezeichnung: _____

kV

Vorprüfung

Neubau/Errichtung

Wesentliche Änderung¹

weder noch: Vorprüfung
hiermit abgeschlossen

Im Abstand von **50 m** zur Eingrenzung oder Einhausung (Einwirkungsbereich der Anlage) befindet sich mindestens ein maßgeblicher Minimierungsort, also ein Gebäude oder Grundstück im Sinne des § 4 Absatz 1 26. BImSchV (Wohnungen, Krankenhäuser, Schulen, Kindergärten, Kinderhorte, Spielplätze oder ähnliche Einrichtungen) sowie jedes Gebäude oder Gebäudeteil, das zum nicht nur vorübergehenden Aufenthalt von Menschen (regelmäßig mehrere Stunden) bestimmt ist:

ja, siehe Lageplan:
Fortsetzung mit der nachfolgenden Maßnahmenbewertung

nein, siehe Lageplan: Keine
weitere Maßnahmenbewertung

Maßnahmenbewertung und Festlegung der Minimierungsmaßnahmen

Gemäß der Begründung zur 26. BImSchVVwV vom 03.03.2016 wurden die Minimierungsmaßnahmen der in Nr. 5 der 26. BImSchVVwV aufgeführten technischen Möglichkeiten geprüft und deren Umsetzung entsprechend der nachfolgenden Dokumentation bewertet:

Abstandsoptimierung (gemäß 5.3.3.1 26.BImSchVVwV)

Grund*:

Feldverursachende Anlagenteile innerhalb des Betriebsgeländes oder des

a) Betriebsgebäudes mit größtmöglicher Distanz zu maßgeblichen
Minimierungsorten errichtet:

ja nein, weil: _____

b) Erhöhung der Portale für zu- und abführende Freileitungen:

ja nein, weil: _____

Minimieren der Distanzen zwischen Betriebsmitteln/-elementen mit unterschiedlicher Phasenbelegung (gemäß 5.3.3.2 26.BImSchVVwV)

c) Betriebsmittel oder Betriebsmittelelemente, die Spannungen und Ströme
mit unterschiedlicher Phase führen, wie Stromschienen und Schaltfelder,
werden möglichst nah zusammen kompakt aufgebaut:

ja nein, weil: _____

***Begründungs-Liste** (wenn "nein" angekreuzt wurde, entsprechende Nr. neben Kästchen angeben)

- 1 Maßnahme verursacht Felderhöhung an anderen relevanten maßgeblichen Minimierungsorten
- 2 Erhebliche Beeinträchtigung der Betriebssicherheit (z.B. Kurzschlussfestigkeit) bzw. des Arbeitsschutzes (gemäß 3.2.3 26.BImSchVVwV)
- 3 Erhebliche Beeinträchtigung bei Wartung und Verfügbarkeit der Anlage, (gemäß 3.2.3 26.BImSchVVwV)
- 4 Unterschreiten der Schutzabstände gemäß DIN VDE 0105 - Teil 100
- 5 Keine eindeutige Lastflussrichtung gegeben (dezentrale Einspeisung)
- 6 Ausrichtung durch Lage der Freileitungen, Kabel, Lüftung und/oder Transportwege vorgegeben
- 7 Änderung der Betriebsmittelanordnung aufgrund erforderlicher Fluchtwege oder der Zugänglichkeit nicht möglich
- 8 Erhebliche nachteilige Auswirkungen auf andere Schutzgüter (z.B. Natur-, Vogel- oder Landschaftsschutz)
- 9 geringer Minderungseffekt bei hohen Kosten, kurze Begründung:

10

Datum/ Unterschrift

Betreiber

¹ Die Änderung der Lage, der Beschaffenheit oder des Betriebs einer Anlage, wenn durch die Änderung nachteilige Auswirkungen (hier: elektrische und magnetische Felderhöhungen) hervorgerufen werden können (vgl. § 16 BImSchG).

Dokumentation Feldminimierung

B.3 Drehstromfreileitung (50 Hz) mit Nennspannung ≥ 1 kV und < 110 kV

nach 26. BImSchVV vom 03.03.2016

Leitungsbezeichnung: _____

Abschnitt von: _____ bis: _____ Anzahl Systeme: _____

Mastkopfbild/Seiltyp: _____ Nennspannung: _____ kV

Vorprüfung

Neubau/Errichtung
 Wesentliche Änderung¹
 weder noch: Vorprüfung hiermit abgeschlossen

Im Abstand von **100 m** ausgehend von der Bodenprojektion des jeweils ruhenden äußeren Leiterseils (Einwirkungsbereich der Anlage) bzw. im Bereich zwischen der Trassenachse und dem Bewertungsabstand von **5 m** befindet sich mindestens ein maßgeblicher Minimierungsort, also ein Gebäude oder Grundstück im Sinne des § 4 Absatz 1 26. BImSchV (Wohnungen, Krankenhäuser, Schulen, Kindergärten, Kinderhorte, Spielplätze oder ähnliche Einrichtungen) sowie jedes Gebäude oder Gebäudeteil, das zum nicht nur vorübergehenden Aufenthalt von Menschen (regelmäßig mehrere Stunden) bestimmt ist:

ja, siehe Lageplan: Fortsetzung mit der nachfolgenden Maßnahmenbewertung
 nein, siehe Lageplan: Keine weitere Maßnahmenbewertung

Maßnahmenbewertung und Festlegung der Minimierungsmaßnahmen

Gemäß der Begründung zur 26. BImSchVV vom 03.03.2016 wurden die Minimierungsmaßnahmen der in Nr. 5 der 26. BImSchVV aufgeführten technischen Möglichkeiten geprüft und deren Umsetzung entsprechend der nachfolgenden Dokumentation bewertet:

Abstandsoptimierung (gemäß 5.3.1.1 26.BImSchVV)

- | | | | |
|--|-----------------------------|--|----------------|
| a) Erhöhung der Masten: | <input type="checkbox"/> ja | <input type="checkbox"/> nein, weil: _____ | Grund*: |
| b) Verringerung der Spannfeldlänge: | <input type="checkbox"/> ja | <input type="checkbox"/> nein, weil: _____ | |
| c) Stromkreis auf einer von einem maßgeblichen Minimierungsort (MMO) abgewandten Traverse (Querausleger) geführt: | <input type="checkbox"/> ja | <input type="checkbox"/> nein, weil: _____ | |

Elektrische Schirmung (gemäß 5.3.1.2 26.BImSchVV)

- | | | |
|---|-----------------------------|--|
| d) Schirmflächen oder -leiter zwischen den spannungsführenden Leitungsteilen und einem MMO als Bestandteil der Anlage (auch Erdseile): | <input type="checkbox"/> ja | <input type="checkbox"/> nein, weil: _____ |
|---|-----------------------------|--|

Minimieren der Seilabstände (gemäß 5.3.1.3 26.BImSchVV)

- | | | |
|---|-----------------------------|--|
| e) innerhalb eines bzw. zu anderen Stromkreisen: | <input type="checkbox"/> ja | <input type="checkbox"/> nein, weil: _____ |
|---|-----------------------------|--|

Optimieren der Mastkopfgeometrie (gemäß 5.3.1.4 26.BImSchVV)

- | | | |
|---|-----------------------------|--|
| f) Variation des Mastkopfbildes (bezüglich MMO): | <input type="checkbox"/> ja | <input type="checkbox"/> nein, weil: _____ |
|---|-----------------------------|--|

Optimieren der Leiteranordnung (gemäß 5.3.1.5 26.BImSchVV)

- | | | |
|--|-----------------------------|--|
| g) Feldkompensation durch entsprechende Optimierung der Phasenlage der Leiter/Leiteseile: | <input type="checkbox"/> ja | <input type="checkbox"/> nein, weil: _____ |
|--|-----------------------------|--|

*Begründungs-Liste (wenn "nein" angekreuzt wurde, entsprechende Nr. neben Kästchen angeben)

- 1 Maßnahme verursacht Felderhöhung an anderen relevanten maßgeblichen Minimierungsorten
- 2 Erhebliche Beeinträchtigung der Betriebssicherheit bzw. des Arbeitsschutzes (gemäß 3.2.3 26.BImSchVV)
- 3 Erhebliche Beeinträchtigung bei Wartung und Verfügbarkeit der Anlage (gemäß 3.2.3 26.BImSchVV)
- 4 Unterschreiten der Schutzabstände gemäß DIN VDE 0105 - Teil 100
- 5 Keine eindeutige Lastflussrichtung gegeben (dezentrale Einspeisung)
- 6 Maßnahme aufgrund der Maststatik-/Fundamentstatik nicht durchführbar
- 7 Erhebliche nachteilige Auswirkungen auf andere Schutzgüter (z.B. Natur-, Vogel- oder Landschaftsschutz)
- 8 Maßnahme führt zu erheblichem Mehrbedarf an Grundstücksflächen
- 9 Vorgeschriebener Leiterseil-Bodenabstand wird unterschritten
- 10 Nutzung von vorhandenen Masten/Stützpunkten
- 11 geringer Minderungseffekt bei hohen Kosten, kurze Begründung:

12 _____

Datum/ Unterschrift

Betreiber

¹ Die Änderung der Lage, der Beschaffenheit oder des Betriebs einer Anlage, wenn durch die Änderung nachteilige Auswirkungen (hier: elektrische und magnetische Felderhöhungen) hervorgerufen werden können (vgl. § 16 BImSchG).

Dokumentation Feldminimierung

B.4 Drehstromfreileitung (50 Hz) mit Nennspannung von 110 kV

nach 26. BImSchVVwV vom 03.03.2016

Leitungsbezeichnung: _____

Abschnitt von: _____ bis: _____ Anzahl Systeme: _____

Mastkopfbild/Seiltyp: _____ Nennspannung: _____ kV

Vorprüfung

Neubau/Errichtung
 Wesentliche Änderung¹
 weder noch: Vorprüfung hiermit abgeschlossen

Im Abstand von **200 m** ausgehend von der Bodenprojektion des jeweils ruhenden äußeren Leiterseils (Einwirkungsbereich der Anlage) bzw. im Bereich zwischen der Trassenachse und dem Bewertungsabstand von **10 m** befindet sich mindestens ein maßgeblicher Minimierungsort, also ein Gebäude oder Grundstück im Sinne des § 4 Absatz 1 26. BImSchV (Wohnungen, Krankenhäuser, Schulen, Kindergärten, Kinderhorte, Spielplätze oder ähnliche Einrichtungen) sowie jedes Gebäude oder Gebäudeteil, das zum nicht nur vorübergehenden Aufenthalt von Menschen (regelmäßig mehrere Stunden) bestimmt ist:

ja, siehe Lageplan: Fortsetzung mit der nachfolgenden Maßnahmenbewertung
 nein, siehe Lageplan: Keine weitere Maßnahmenbewertung

Maßnahmenbewertung und Festlegung der Minimierungsmaßnahmen

Gemäß der Begründung zur 26. BImSchVVwV vom 03.03.2016 wurden die Minimierungsmaßnahmen der in Nr. 5 der 26. BImSchVVwV aufgeführten technischen Möglichkeiten geprüft und deren Umsetzung entsprechend der nachfolgenden Dokumentation bewertet:

Abstandsoptimierung (gemäß 5.3.1.1 26.BImSchVVwV)

- | | | | |
|--|-----------------------------|--|----------------|
| a) Erhöhung der Masten: | <input type="checkbox"/> ja | <input type="checkbox"/> nein, weil: _____ | Grund*: |
| b) Verringerung der Spannfeldlänge: | <input type="checkbox"/> ja | <input type="checkbox"/> nein, weil: _____ | |
| c) Stromkreis auf einer von einem maßgeblichen Minimierungsort (MMO) abgewandten Traverse (Querausleger) geführt: | <input type="checkbox"/> ja | <input type="checkbox"/> nein, weil: _____ | |

Elektrische Schirmung (gemäß 5.3.1.2 26.BImSchVVwV)

- | | | |
|---|-----------------------------|--|
| d) Schirmflächen oder -leiter zwischen den spannungsführenden Leitungsteilen und einem MMO als Bestandteil der Anlage (auch Erdseile): | <input type="checkbox"/> ja | <input type="checkbox"/> nein, weil: _____ |
|---|-----------------------------|--|

Minimieren der Seilabstände (gemäß 5.3.1.3 26.BImSchVVwV)

- | | | |
|---|-----------------------------|--|
| e) innerhalb eines bzw. zu anderen Stromkreisen: | <input type="checkbox"/> ja | <input type="checkbox"/> nein, weil: _____ |
|---|-----------------------------|--|

Optimieren der Mastkopfgeometrie (gemäß 5.3.1.4 26.BImSchVVwV)

- | | | |
|---|-----------------------------|--|
| f) Variation des Mastkopfbildes (bezüglich MMO): | <input type="checkbox"/> ja | <input type="checkbox"/> nein, weil: _____ |
|---|-----------------------------|--|

Optimieren der Leiteranordnung (gemäß 5.3.1.5 26.BImSchVVwV)

- | | | |
|---|-----------------------------|--|
| g) Feldkompensation durch entsprechende Optimierung der Phasenlage der Leiter/Leiterseile: | <input type="checkbox"/> ja | <input type="checkbox"/> nein, weil: _____ |
|---|-----------------------------|--|

***Begründungs-Liste** (wenn "nein" angekreuzt wurde, entsprechende Nr. neben Kästchen angeben)

- 1 Maßnahme verursacht Felderhöhung an anderen relevanten maßgeblichen Minimierungsorten
- 2 Erhebliche Beeinträchtigung der Betriebssicherheit bzw. des Arbeitsschutzes (gemäß 3.2.3 26.BImSchVVwV)
- 3 Erhebliche Beeinträchtigung bei Wartung und Verfügbarkeit der Anlage (gemäß 3.2.3 26.BImSchVVwV)
- 4 Unterschreiten der Schutzabstände gemäß DIN VDE 0105 - Teil 100
- 5 Keine eindeutige Lastflussrichtung gegeben (dezentrale Einspeisung)
- 6 Maßnahme aufgrund der Maststatik-/Fundamentstatik nicht durchführbar
- 7 Erhebliche nachteilige Auswirkungen auf andere Schutzgüter (z.B. Natur-, Vogel- oder Landschaftsschutz)
- 8 Maßnahme führt zu erheblichem Mehrbedarf an Grundstücksflächen
- 9 Vorgeschriebener Leiterseil-Bodenabstand wird unterschritten
- 10 Nutzung von vorhandenen Masten/Stützpunkten
- 11 geringer Minderungseffekt bei hohen Kosten, kurze Begründung:

11 _____

Datum/ Unterschrift

Betreiber

¹ Die Änderung der Lage, der Beschaffenheit oder des Betriebs einer Anlage, wenn durch die Änderung nachteilige Auswirkungen (hier: elektrische und magnetische Felderhöhungen) hervorgerufen werden können (vgl. § 16 BImSchG).

Dokumentation Feldminimierung

nach 26. BImSchVVwV vom 03.03.2016

B.5 Drehstromerkabel (50 Hz) mit einer Nennspannung von ≥ 1 kV und < 50 kV

Abschnitt von:

bis:

Anzahl Systeme:

Kabeltyp:

Nennspannung:

kV

Vorprüfung

Neubau/Errichtung

Wesentliche Änderung¹

weder noch: Vorprüfung
hiermit abgeschlossen

Im Abstand von **10 m** vom äußeren Kabel einer Kabeltrasse (Einwirkungsbereich der Anlage) bzw. im Bereich zwischen der Trassenachse und dem Bewertungsabstand von **1 m** befindet sich mindestens ein maßgeblicher Minimierungsort, also ein Gebäude oder Grundstück im Sinne des § 4 Absatz 1 26. BImSchV (Wohnungen, Krankenhäuser, Schulen, Kindergärten, Kinderhorte, Spielplätze oder ähnliche Einrichtungen) sowie jedes Gebäude oder Gebäudeteil, das zum nicht nur vorübergehenden Aufenthalt von Menschen (regelmäßig mehrere Stunden) bestimmt ist:

ja, siehe Lageplan:
Fortsetzung mit der nachfolgenden Maßnahmenbewertung

nein, siehe Lageplan: Keine
weitere Maßnahmenbewertung

Maßnahmenbewertung und Festlegung der Minimierungsmaßnahmen

Gemäß der Begründung zur 26. BImSchVVwV vom 03.03.2016 wurden die Minimierungsmaßnahmen der in Nr. 5 der 26. BImSchVVwV aufgeführten technischen Möglichkeiten geprüft und deren Umsetzung entsprechend der nachfolgenden Dokumentation bewertet:

Minimieren der Kabelabstände (gemäß 5.3.2.1 26.BImSchVVwV)

a) Die Kabel werden mit möglichst geringem Abstand zueinander verlegt: ja nein, weil:

b) Minimierung der Kabelabstände innerhalb eines Stromkreises und zu anderen Stromkreisen: ja nein, weil:

Optimieren der Leiteranordnung (gemäß 5.3.2.2 26.BImSchVVwV)

c) Anschlussreihenfolge der Drehstromleiter an die Erdkabel so gewählt, dass sich die von den Kabeln ausgehenden magnetischen Felder bestmöglich kompensieren: ja nein, weil:

Optimieren der Verlegegeometrie (gemäß 5.3.2.3 26.BImSchVVwV)

d) Dreiecksanordnung ja nein, weil:

e) Verdrillung (nur bei kleinem Querschnitt) ja nein, weil:

Optimieren der Verlegetiefe (gemäß 5.3.2.4 26.BImSchVVwV)

f) Tieferlegung ja nein, weil:

*Begründungs-Liste (wenn "nein" angekreuzt wurde, entsprechende Nr. neben Kästchen angeben)

- 1 Maßnahme verursacht Felderhöhung an anderen relevanten maßgeblichen Minimierungsorten
- 2 Erhebliche Beeinträchtigung der Betriebssicherheit bzw. des Arbeitsschutzes (gemäß 3.2.3 26.BImSchVVwV)
- 3 Erhebliche Beeinträchtigung bei Wartung und Verfügbarkeit der Anlage (gemäß 3.2.3 26.BImSchVVwV)
- 4 Unterschreiten der Schutzabstände gemäß DIN VDE 0105 - Teil 100
- 5 Anordnung in der Trasse durch Abstimmung mit anderen Leitungsbetreibern vorgegeben
- 6 Verlegetiefe durch Abstimmung mit anderen Leitungsbetreibern vorgegeben
- 7 Anordnung in der Trasse bereits durch vorhandene Kabel, Leerrohre oder zugewiesene Trasse vorgegeben
- 8 Tieferlegung wegen Bodenbeschaffenheit (z.B. felsigen Untergrund; Wasserhaltung) nicht möglich
- 9 Ab einer Grabentiefe von größer 1,25 m erhebliche Kostensteigerung durch erforderlichen Verbau
- 10 Keine eindeutige Lastflussrichtung gegeben (dezentrale Einspeisung)
- 11 Leistungseinschränkung durch Erwärmung
- 12 Erhebliche nachteilige Auswirkungen auf andere Schutzgüter (z.B. Boden-, Wasser- oder Landschaftsschutz)
- 13 geringer Minderungseffekt bei hohen Kosten, kurze Begründung:

14

Datum/ Unterschrift

Betreiber

¹ Die Änderung der Lage, der Beschaffenheit oder des Betriebs einer Anlage, wenn durch die Änderung nachteilige Auswirkungen (hier: elektrische und magnetische Felderhöhungen) hervorgerufen werden können (vgl. § 16 BImSchG).

Dokumentation Feldminimierung

B.6 Drehstromerkabel (50 Hz) mit einer Nennspannung von 110 kV

nach 26. BImSchVV vom 03.03.2016

Abschnitt von: _____ bis: _____ Anzahl Systeme: _____

Kabeltyp: _____ Nennspannung: _____ kV

Vorprüfung

Neubau/Errichtung
 Wesentliche Änderung¹
 weder noch: Vorprüfung hiermit abgeschlossen

Im Abstand von **35 m** vom äußeren Kabel einer Kabeltrasse (Einwirkungsbereich der Anlage) bzw. im Bereich zwischen der Trassenachse und dem Bewertungsabstand von **1 m** befindet sich mindestens ein maßgeblicher Minimierungsort, also ein Gebäude oder Grundstück im Sinne des § 4 Absatz 1 26. BImSchV (Wohnungen, Krankenhäuser, Schulen, Kindergärten, Kinderhorte, Spielplätze oder ähnliche Einrichtungen) sowie jedes Gebäude oder Gebäudeteil, das zum nicht nur vorübergehenden Aufenthalt von Menschen (regelmäßig mehrere Stunden) bestimmt ist:

ja, siehe Lageplan: Fortsetzung mit der nachfolgenden Maßnahmenbewertung
 nein, siehe Lageplan: Keine weitere Maßnahmenbewertung

Maßnahmenbewertung und Festlegung der Minimierungsmaßnahmen

Gemäß der Begründung zur 26. BImSchVV vom 03.03.2016 wurden die Minimierungsmaßnahmen der in Nr. 5 der 26. BImSchVV aufgeführten technischen Möglichkeiten geprüft und deren Umsetzung entsprechend der nachfolgenden Dokumentation bewertet:

Minimieren der Kabelabstände (gemäß 5.3.2.1 26.BImSchVV)

a) Die Kabel werden mit möglichst geringem Abstand zueinander verlegt: ja nein, weil: _____ **Grund*:**
b) Minimierung der Kabelabstände innerhalb eines Stromkreises und zu anderen Stromkreisen: ja nein, weil: _____

Optimieren der Leiteranordnung (gemäß 5.3.2.2 26.BImSchVV)

c) Anschlussreihenfolge der Drehstromleiter an die Erdkabel so gewählt, dass sich die von den Kabeln ausgehenden magnetischen Felder bestmöglich kompensieren: ja nein, weil: _____

Optimieren der Verlegegeometrie (gemäß 5.3.2.3 26.BImSchVV)

d) Dreiecksanordnung ja nein, weil: _____
e) Verdrillung (nur bei kleinem Querschnitt) ja nein, weil: _____

Optimieren der Verlegetiefe (gemäß 5.3.2.4 26.BImSchVV)

f) Tieferlegung ja nein, weil: _____

*Begründungs-Liste (wenn "nein" angekreuzt wurde, entsprechende Nr. neben Kästchen angeben)

- 1 Maßnahme verursacht Felderhöhung an anderen relevanten maßgeblichen Minimierungsorten
- 2 Erhebliche Beeinträchtigung der Betriebssicherheit bzw. des Arbeitsschutzes (gemäß 3.2.3 26.BImSchVV)
- 3 Erhebliche Beeinträchtigung bei Wartung und Verfügbarkeit der Anlage (gemäß 3.2.3 26.BImSchVV)
- 4 Unterschreiten der Schutzabstände gemäß DIN VDE 0105 - Teil 100
- 5 Anordnung in der Trasse durch Abstimmung mit anderen Leitungsbetreibern vorgegeben
- 6 Verlegetiefe durch Abstimmung mit anderen Leitungsbetreibern vorgegeben
- 7 Anordnung in der Trasse bereits durch vorhandene Kabel vorgegeben
- 8 Tieferlegung wegen Bodenbeschaffenheit (z.B. felsigen Untergrund; Wasserhaltung) nicht möglich
- 9 Ab einer Grabentiefe von größer 1,25 m erhebliche Kostensteigerung durch erforderlichen Verbau
- 10 Leistungseinschränkung durch Erwärmung
- 11 Erhebliche nachteilige Auswirkungen auf andere Schutzgüter (z.B. Boden-, Wasser- oder Landschaftsschutz)
- 12 geringer Minderungseffekt bei hohen Kosten, kurze Begründung:

13 _____

Datum/ Unterschrift

Betreiber

¹ Die Änderung der Lage, der Beschaffenheit oder des Betriebs einer Anlage, wenn durch die Änderung nachteilige Auswirkungen (hier: elektrische und magnetische Felderhöhungen) hervorgerufen werden können (vgl. § 16 BImSchG).

Anhang C

Leitfaden für die Umsetzung der 26. BImSchVVwV zur Feldminimierung beim Neubau und wesentlichen Änderungen von AC-Leitungen im Übertragungsnetz

Vorbemerkungen

Damit der vorliegende Anhang des Technischen Hinweises geschlossen lesbar bleibt, wurden einige im Hauptteil erklärte Begriffe (z. B. NOVA-Prinzip) und auch die möglichen Minimierungsoptionen erneut aufgegriffen und in Bezug auf die konkreten Belange und Besonderheiten von AC-Übertragungsleitungen ausführlicher erläutert. Der Anhang C kann damit unabhängig vom Hauptdokument angewendet werden.

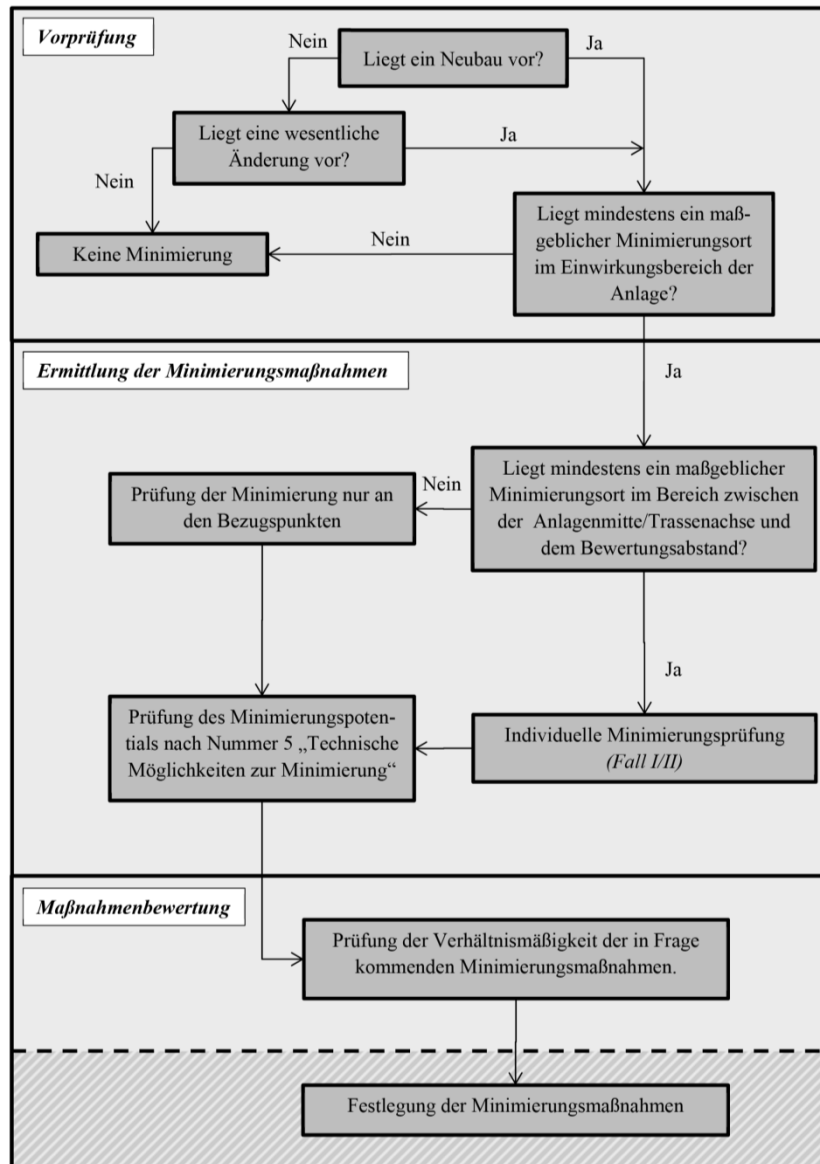
Liegt ein Neubau oder eine wesentliche Änderung vor, so ist eine Minimierung der elektrischen und magnetischen Felder gemäß 26. BImSchVVwV (Allgemeine Verwaltungsvorschrift zur Durchführung der Verordnung über elektromagnetische Felder – 26. BImSchV) vorzunehmen. Die Gründe und Erwägungen, die zur Entscheidung über die ausgewählten Minimierungsmaßnahmen führen, sind ausführlich zu dokumentieren und auf Anforderung der Behörde zur Verfügung zu stellen.

Dieser Leitfaden soll das Vorgehen gemäß den Vorgaben der 26. BImSchVVwV zusammenfassen und als Argumentationshilfe zur begründeten Entscheidung für oder gegen jeweils zu prüfende Minimierungsmaßnahmen dienen, soweit dies im Rahmen einer Anzeige nach 26. BImSchV oder eines Genehmigungs- oder Planfeststellungsverfahrens erforderlich ist.

Im Folgenden wird die Umsetzung der Anforderungen der 26. BImSchVVwV in Form eines strukturierten Ablaufs erläutert. Dieser setzt sich aus 3 Teilen zusammen, deren Durchführung in den Abschnitten C.I bis C.III erläutert wird. Der Ablauf ist in der 26. BImSchVVwV durch das folgende Flussdiagramm zusammengefasst.

Der nachfolgende Text ist analog der 26. BImSchVVwV gegliedert und soll unmittelbar zu der dort beschriebenen Vorgehensweise anleiten.

Flussdiagramm



Quelle: 26. BImSchVV vom 26.2.2016

Zunächst erfolgt eine Vorprüfung (Abschnitt C.I), in welcher die maßgeblichen Minimierungsorte ermittelt und (repräsentative) Bezugspunkte zur Untersuchung der Feldreduzierung ausgewählt werden. Anschließend werden die technischen Minimierungsmaßnahmen auf ihr Minimierungspotenzial an den zu untersuchenden maßgeblichen Minimierungsorten bzw. Bezugspunkten geprüft (Abschnitt C.II). Dabei wird die Änderung des jeweiligen Immissionswertes bezogen auf den projektierten Ausgangszustand untersucht, der meist umfangreiche feldreduzierende Maßnahmen bereits enthält. Nach der Bestimmung der Minimierungspotenziale werden die Maßnahmen unter Abwägung gegen andere Schutzgüter sowie – unter Berücksichtigung des Grundsatzes der Verhältnismäßigkeit und der Darlegung der im projektierten Ausgangszustand bereits enthaltenen Minimierungsmaßnahmen – nach dem wirtschaftlichen Aufwand zur Umsetzung bewertet. Danach werden die Minimierungsmaßnahmen festgelegt (Abschnitt C.III). Hinweise zur praktischen Ermittlung des Minimierungspotenzials finden sich in Abschnitt C.V.

C.I Vorprüfung

- 1) Zunächst wird geprüft, ob ein Neubau oder eine wesentliche Änderung vorliegt. In diesen Fällen ist in nachfolgenden Schritten zu prüfen, um welche Art der Maßnahme es sich handelt und welche Minimierungsmaßnahmen dadurch in Frage kommen.
- 2) Liegen maßgebliche Minimierungsorte innerhalb des Einwirkungsbereichs der Leitung, so ist für jedes betroffene Spannungsfeld festzustellen ob
 - a. maßgebliche Minimierungsorte lediglich außerhalb des Bewertungsabstands liegen oder
 - b. mindestens ein maßgeblicher Minimierungsort innerhalb des Bewertungsabstands liegt (Fall I/II). Sollten zusätzliche maßgebliche Minimierungsorte außerhalb des Bewertungsabstands liegen (Fall II), sind diese ebenfalls (gleichrangig) zu prüfen.
 - c. liegen keinerlei maßgebliche Minimierungsorte innerhalb des Einwirkungsbereichs, muss keine Minimierung vorgenommen werden.

C.II Ermittlung der Minimierungsmaßnahmen

Bei der Ermittlung der Minimierungsmaßnahmen ist sowohl das Minimierungspotenzial als auch die Umsetzbarkeit der jeweiligen Maßnahme zu betrachten.

Als Minimierungsmaßnahmen kommen diejenigen der im Abschnitt 5.3 der 26. BImSchVVwV genannten in Betracht, die im Rahmen der geplanten Leitungsbaumaßnahme realisierbar sind. Der Ausschluss von Minimierungsmaßnahmen ist mit Hinweis auf das Ziel und den Rahmen der Baumaßnahme zu begründen.

Bei der Auswahl notwendiger Maßnahmen zur Steigerung der Übertragungskapazität der Netze folgen die 50-Hz-Netzbetreiber dem so genannten NOVA-Prinzip (Netz-Optimierung vor Netz-Verstärkung vor Netz-Ausbau). Insbesondere die gegenüber einem Netzneubau vorrangige Netzoptimierung und Netzverstärkung bedingen naturgemäß meist höhere elektrische und magnetische Felder. Die 26. BImSchVVwV legt unter Ziffer 3.1 fest, dass das Minimierungsgebot keine Prüfung nach dem NOVA-Prinzip erfordert. Umgekehrt steht die gleichzeitige Umsetzung der meisten in der 26. BImSchVVwV vorgeschlagenen Minimierungsmöglichkeiten in der Regel im Widerspruch zum Umfang typischer NOVA-Maßnahmen. Wird auf bestehendem Gestänge eine neue Leitung mitgeführt oder eine bereits mitgeführte Leitung wesentlich geändert, bezieht sich das Minimierungsgebot gem. Ziff. 3.1 26. BImSchVVwV nur auf diese mitgeführte Leitung, sofern die bestehende Leitung nicht ihrerseits wesentlich geändert wird.

Dem NOVA-Prinzip folgend sind dabei folgende Fälle zu unterscheiden.

Netzoptimierung und Netzverstärkung

Zu einer Optimierungsmaßnahme zählen etwa der „witterungsabhängige Freileitungsbetrieb“ und der Tausch von Standard-Leitern gegen solche mit erhöhter Stromtragfähigkeit – so genannte „heiße Seile“ (Hochtemperaturleiterseile).

Das Ziel einer Netz-Optimierung im Sinne des NOVA-Prinzips ist, die Übertragungsleistung einer Anlage möglichst ohne weitere Eingriffe in den Raum bzw. Grund und Boden zu erhöhen. Daraus resultieren in der Regel nur geringfügige baulichen Änderungen. Vielfach steht der Aufwand für

die Umsetzung (zusätzlicher) Minimierungsmaßnahmen diesem Ziel entgegen. Insoweit käme allenfalls eine Phasenoptimierung in Betracht, wobei auch hier Vorgaben zu berücksichtigen sind, die sich durch den Anschluss der Außenleiter an den Verknüpfungspunkten der Leitung ergeben. Der Bau neuer Maste zur Herstellung einer günstigeren Phasenordnung stünde in diesem Zusammenhang der Idee einer Leistungserhöhung nach NOVA entgegen.

Ebenso ist das Ziel einer Netz-Verstärkung im Sinne des NOVA-Prinzips, die Übertragungsleistung einer Anlage nur mit möglichst geringfügigen baulichen Änderungen zu erhöhen, etwa durch das Auflegen weiterer Stromkreise auf bestehenden Tragwerken. Auch Spannungsumstellungen von mit 220 kV betriebenen Stromkreisen auf 380 kV bei Freileitungen, die baulich bereits für die 380-kV-Spannungsebene ausgelegt sind, fallen unter Verstärkungsmaßnahmen. Derartige Netz-Verstärkungen ermöglichen keine Änderung von Abstand, Schirmung, Seilabständen, Mastkopfgeometrie usw., weshalb solche Minimierungsmaßnahmen hier nicht weiter zu verfolgen sind.

Die Prüfung von Minimierungsmaßnahmen an einer Leitung erfolgt insbesondere für die gewählte Trasse (Ziff. 3 26. BImSchVVwV). Ist diese z. B. im Rahmen eines Ersatzneubaus einer Leitung in bestehender Trasse festgelegt, so kann auch dies die Bandbreite von Minimierungsmaßnahmen, etwa die Optimierung der Mastkopfgeometrie, einschränken. Gänzlich entfallen können diese, solange nur ein Austausch identischer Betriebsmittel (Leiterseile, Isolatoren oder auch Maste) oder eine Stahl- oder Fundamentsanierung vorgesehen ist, da dies formal keiner wesentlichen Änderung im Sinne der 26. BImSchV entspricht (s. Flussdiagramm „Vorprüfung“, Anhang I 26. BImSchVVwV und Präambel dieses Leitfadens).

Netzausbau – Neubau in neuer Trasse

Wird eine Leitung neu errichtet, so sind sämtliche in der 26. BImSchVVwV angeführte Minimierungsmaßnahmen zu prüfen. Dabei können erst nach der Festlegung auf eine Trasse und eine Technologie (Erdkabel oder Freileitung) die Möglichkeiten zur Minimierung abgewogen werden.

C.II.A Ermittlung des Minimierungspotenzials

Ermittlung des Minimierungspotenzials nur an den Bezugspunkten

Die Ermittlung des Minimierungspotenzials erfolgt gemäß 26. BImSchVVwV 3.2.2.3 anhand der „pauschalierenden Betrachtung“ durch Vergleich mit bestehenden Anlagen. Dabei wird für jede der im Abschnitt 5 genannten technischen Möglichkeiten ein Vergleich mit dem projektierten Planungszustand vorgenommen. Die Minimierungsmaßnahmen müssen mit den Zielen dieser Vorplanung vereinbar sein. Es müssen insbesondere keine Minimierungsmaßnahmen untersucht werden, die eine Mastverschiebung oder eine Trassenverlegung notwendig machen würden, z. B. wenn die vorgegebene Schutzstreifenbreite kein verändertes (insbesondere breiteres) Mastkopfbild zulässt. Alle Betrachtungen dürfen am Bewertungsabstand vorgenommen werden. Das Minimierungspotenzial wird seitens der Übertragungsnetzbetreiber als Veränderung der elektrischen Feldstärke und magnetischen Flussdichte am Bewertungsabstand bei Anwendung der jeweiligen Minimierungsmaßnahme angegeben. Sobald an einer zu betrachtenden Seite bei Anwendung einer Minimierungsmaßnahme die magnetische Flussdichte abnimmt und gleichzeitig die elektrische Feldstärke zunimmt, ist die Bewertung des Minimierungspotenzials auf das magnetische Feld zu bevorzugen.

Wirken sich bei beidseitigem Vorliegen von maßgeblichen Minimierungsorten Minimierungsmaßnahmen auf der einen Seite positiv und auf der anderen Seite negativ aus, so scheidet die Minimierungsmaßnahme aus.

Für den minimalen Bodenabstand der Leiterseile wird bei der Bestimmung des Minimierungspotenzials der Mindestabstand angesetzt, bei welchem bei vorliegender ungünstigster Phasenordnung der Grenzwert der 26. BImSchV für das elektrische Feld direkt unter der Leitung gerade eingehalten wird. Dieser Mindestabstand ist je nach Masttyp unterschiedlich.

Ermittlung des Minimierungspotenzials an individuellen Minimierungsorten

Die 26. BImSchVVwV fordert die Bestimmung des Minimierungspotenzials in Form einer individuellen Minimierungsprüfung, sofern sich innerhalb des Bewertungsabstands maßgebliche Minimierungsorte befinden. Die Ermittlung des Minimierungspotenzials erfolgt hier ebenfalls gemäß 26. BImSchVVwV 3.2.2.3 anhand der „pauschalierenden Betrachtung“ durch Vergleich mit bestehenden Anlagen. Zu prüfen ist das Minimierungspotenzial nach 26. BImSchVVwV Absch. 4 c) in Gebäuden oder im Freien in der Mitte des maßgeblichen Minimierungsorts bei maximaler betrieblicher Auslastung sowie bei überwiegend zu erwartender Stromrichtungskonstellation. Für einen derart definierten Nachweispunkt ergeben sich einige Probleme bzw. offene Fragestellungen.

Zur Vermeidung von Widersprüchen und um den Aufwand der Umsetzung der 26. BImSchVVwV überschaubar zu halten, werden daher einige Festlegungen vorgeschlagen. Eine sinnvolle mathematische Definition der Mitte ist der Flächenschwerpunkt (Mittelpunkt) einer Grundfläche. Die Bestimmung des Mittelpunkts sollte lediglich überschlägig erfolgen, da bei komplizierten Grundflächen oder einer Vielzahl an Minimierungsorten ein großer Berechnungsaufwand erzeugt wird. In solchen Fällen, in denen der Mittelpunkt außerhalb des Minimierungsortes liegt, sollte dieser an den nächstgelegenen Punkt, der innerhalb des Minimierungsortes liegt, verschoben werden. Sollte ein Minimierungsort sowohl innerhalb, als auch außerhalb des Bewertungsabstandes liegen, so definiert der Nachweispunkt, ob eine Prüfung der Minimierung nur an den Bezugspunkten oder eine individuelle Minimierungsprüfung vorgenommen wird. Im Folgenden sind Fälle dargestellt, in denen zwei maßgebliche Minimierungsorte innerhalb des Bewertungsabstandes liegen. Eine Erweiterung auf den Fall sowohl innerhalb als auch außerhalb des Bewertungsabstandes liegender maßgeblicher Minimierungsorte muss über eine gleichzeitige Ermittlung des Minimierungspotenzials an den Bezugspunkten durchgeführt werden.

Wie auch im bereits besprochenen Fall der Ermittlung des Minimierungspotenzials nur an den Bezugspunkten wird auch hier für den minimalen Bodenabstand der Leiterseile bei der Bestimmung des Minimierungspotenzials der Mindestabstand angesetzt, bei welchem bei vorliegender ungünstigster Phasenlage der Grenzwert der 26. BImSchV für das elektrische Feld direkt unter der Leitung gerade eingehalten wird. Dieser ist je nach Masttyp unterschiedlich.

C.II.A.1 Abstandsoptimierung

Ziel ist die Verringerung der Felder durch Erhöhung des Abstands zwischen Leiterseilen und Erdboden. Praktisch ist dies zu erreichen, indem Maste erhöht werden oder Spannfelder durch zusätzliche Tragmaste verkürzt werden. Die minimale Leiterseilhöhe ist bei Vorliegen maßgeblicher Immissionsorte im Einwirkungsbereich nach 26. BImSchV durch die Einhaltung der entsprechenden Grenzwerte und ansonsten durch technisch minimal zulässige Abstände (z.B. gemäß EN 50341) bestimmt.

Wie Berechnungen zeigen, kann sich bei einer Abstandsoptimierung die elektrische Feldstärke am Bewertungsabstand durchaus erhöhen. Dies spielt jedoch nur eine untergeordnete Rolle, da das magnetische Feld bei der Minimierung vorzuziehen ist. Gleiches gilt für Orte innerhalb des Bewertungsabstands im Falle einer individuellen Minimierungsprüfung.

Die 26. BImSchVVwV stuft die Wirksamkeit als hoch ein.

C.II.A.2 Elektrische Schirmung

Hierzu zählt das zusätzliche Anbringen von Schirmflächen- oder Leitern unterhalb oder seitlich der spannungsführenden Leiter. Die Schirmung hat nur Auswirkungen auf das elektrische Feld. In der Praxis ist dies durch die Wahl entsprechender Maste mit Zusatztraverse möglich, wie sie auch für die Mitführung von 110-kV- bzw. 220-kV-Stromkreisen eingesetzt werden. Damit geht auch eine Änderung der Masthöhe sowie des Abstands der untersten spannungsführenden Leiterseile zum Boden einher. Um den reinen Schirmeffekt von der Abstandserhöhung zum Boden abzugrenzen, muss bei der Bestimmung des Minimierungspotenzials die Minimierung durch die Abstandserhöhung herausgerechnet werden, um den Netto-Einfluss der Schirmung zu bewerten.

Berechnungen zeigen, dass die Reduzierung des elektrischen Feldes durch die Schirmung am Bewertungsabstand vernachlässigbar ist, da die Reichweite der abschirmenden Wirkung gering ist. Ein Effekt ist nur innerhalb des Bewertungsabstands zu erwarten. Die elektrische Schirmung kann somit höchstens an Orten innerhalb des Bewertungsabstands (bei einer individuellen Minimierungsprüfung) Minimierungspotenzial aufweisen.

Die 26. BImSchVVwV stuft die Wirksamkeit als gering ein.

C.II.A.3 Minimieren der Seilabstände

Ziel ist die Verringerung der Felder durch eine Reduktion der Seilabstände. Dies kann durch den Einsatz eines kompakten Mastbildes erreicht werden. Als Bezugsgröße für das Minimierungspotenzial dient ein typischer Mast mit nicht reduzierten Seilabständen und identischem Mastkopfbild. Im Falle einer individuellen Minimierungsprüfung ist zu beachten, dass sich bei Vorliegen einer ungünstigen Phasenordnung auch eine Verstärkung der Felder an Orten innerhalb des Bewertungsabstands ergeben kann.

Die 26. BImSchVVwV stuft die Wirksamkeit als hoch ein.

C.II.A.4 Optimieren der Mastkopfgeometrie

Hierzu zählt grundsätzlich die Auswahl zwischen Tonnen-, Einebenen- und Donaumastbild (vertikale, horizontale und dreieckförmige Leiteranordnung). Eine vertikale Leiteranordnung ist laut 26. BImSchVVwV zur Feldminimierung zu bevorzugen. Allerdings kehrt sich diese Aussage in Bezug auf das Magnetfeld bei Annahme der ungünstigsten Phasenordnung ins Gegenteil. Da sich die Feldstärkenverläufe innerhalb des Bewertungsabstands bei verschiedenen Mastkopfgeometrien qualitativ stark unterscheiden, kann sich bezüglich der Erhöhung und Reduzierung der Felder im Rahmen einer individuellen Minimierungsprüfung ein äußerst gemischtes Bild ergeben. Es können sich Fälle ergeben, in denen die 26. BImSchVVwV aufgrund des Gleichrangigkeitsprinzips keinerlei Optimierung erlaubt.

Die 26. BImSchVVwV stuft die Wirksamkeit als hoch ein.

C.II.A.5 Optimieren der Leiteranordnung

Ziel ist die Wahl einer feldminimierenden Phasenordnung. Die Auswirkungen auf das elektrische und magnetische Feld können dabei gegenläufig sein. Insbesondere innerhalb des Bewertungsabstandes können sich bei einer individuellen Minimierungsprüfung in beschränkten Bereichen ungünstigere Feldwerte ergeben, während sich an allen anderen Orten die Felder durch Wahl einer entsprechenden Phasenordnung reduzieren.

Die 26. BImSchVVwV stuft die Wirksamkeit als hoch ein.

C.III Maßnahmenbewertung und Festlegung der Minimierungsmaßnahmen

Ziel der Maßnahmenbewertung ist die Entscheidung für oder gegen eine jeweilige Minimierungsmaßnahme. Ungeachtet möglicherweise gegenläufiger Beeinflussungen verschiedener Maßnahmen kann die Bewertung in Matrixform erfolgen. Dazu kann für den individuellen Fall die Tabelle A.7 herangezogen werden. Anhand solcher Tabellen ist es möglich, der Genehmigungsbehörde den Abwägungsprozess und die untersuchten Minimierungsmaßnahmen darzustellen und mit qualitativen Argumenten plausibel zu machen, welche Maßnahmen in der Umsetzung eines Projektes nach der erfolgten Prüfung der Minimierungspotenziale ergriffen und welche verworfen werden. In Tabelle C.1 sind in Bezug auf AC-Freileitungen nur diejenigen Aspekte bewertet, welche typischerweise bei entsprechenden Maßnahmen auftreten können, jedoch im Einzelfall geprüft werden müssen. Dabei ist es im Rahmen einer Dokumentation nicht nötig, Einzelberechnungen für bestimmte Spannfelder oder einzelne maßgebliche Minimierungsorte darzustellen. Jedoch ist es sinnvoll, bei sich ändernden Gegebenheiten entlang der Leitung, die zu unterschiedlichen Entscheidungen bzgl. der Minimierungsmaßnahmen führen, separate Tabellen anzufertigen und entsprechende Begründungen zu formulieren. Eine ausführliche Dokumentation der Erwägungen, die zur Entscheidung der ausgewählten Minimierungsmaßnahmen geführt haben, ist gemäß 26. BImSchVVwV anzufertigen und der Behörde auf Anforderung zur Verfügung zu stellen. Eine solche Dokumentation besteht aus den pauschalierenden Betrachtungen für die entsprechenden Minimierungsorte (siehe Abschnitt C.II.A). Diese sind bei außerhalb des Bewertungsabstands liegenden Minimierungsorten bezogen auf den Bewertungsabstand durchzuführen. Für den Fall I erfolgt die pauschalierende Betrachtung an den individuellen Minimierungsorten innerhalb des Bewertungsabstands sowie bei Vorliegen von zusätzlichen Minimierungsorten außerhalb des Bewertungsabstands (Fall II) ebenfalls am Bewertungsabstand.

AC-Freileitungen im Übertragungsnetz																
Minimierungsmöglichkeiten nach 26. BImSchVVwV																
Bewertung für den Einzelfall		Beurteilungskriterien														
Beurteilungsmatrix für AC-Freileitungen im Übertragungsnetz		Wirksamkeit	Schutzgüter						Betriebliche Auswirkungen						Bemerkungen / Verhältnismäßigkeit	
			Boden	Landschaft	Wasser	Pflanzen, Tiere	Luft, Klima	Kulturgüter, Sachgüter	Lärm	Belange Dritter	Versorgungszuverlässigkeit	Zugänglichkeit	Störungsmanagement	Arbeitsschutz		Technik und Bauwerke
Minimierungsoptionen nach 26. BImSchVVwV	Abstandsoptimierung nach Ziff. 5.3.1.1	+		-		-									-	s. C.III.A.1
	Elektrische Schirmung nach Ziff. 5.3.1.2	0		-												s. C.III.A.2
	Minimieren der Seilabstände nach Ziff. 5.3.1.3	+							-							s. C.III.A.3
	Optimieren der Mastkopfgeometrie nach Ziff. 5.3.1.4	+		-		-			+							s. C.III.A.4
	Optimieren der Leiteranordnung nach Ziff. 5.3.1.5	+		-										-		s. C.III.A.5

Tabelle C.1: Einwirkung von Minimierungsmaßnahmen gem. 26. BImSchVVwV auf Schutzgüter, Infrastruktur, Eigentum, Sicherheit, Technische Aspekte und Ökonomie. Eingezeichnet sind lediglich grundlegende Tendenzen (+ positive Auswirkungen, - negative Auswirkungen, 0 neutrale Auswirkungen; genauere Erläuterungen zu den Bewertungen siehe Anhang A)

Dazu werden im Folgenden auch die Voraussetzungen im Originalwortlaut wiedergegeben, welche die 26. BImSchVVwV zur Umsetzung einer Maßnahme nennt. Wenn die Voraussetzungen nicht erfüllt sind, muss diese Maßnahme auch nicht auf ihr Minimierungspotenzial untersucht werden und in Folge dessen muss auch keine Abwägung stattfinden. Zu den Beeinträchtigungen der Schutzgüter sind im Folgenden Beispiele genannt, die bei entsprechenden Minimierungsmaßnahmen typischerweise auftreten können oder grundsätzlich auftreten. Die ökonomische Bewertung bezieht sich auf den Neubau, da bei einer wesentlichen Änderung die relative Kostensteigerung stark vom Umfang der Maßnahme abhängt.

Generell ist bei der Abwägung der Verhältnismäßigkeit einer Maßnahme die Gesamtsituation zu würdigen, insbesondere die zu erreichende absolute Immissionsreduzierung und die Auswirkungen auf die Gesamtmissionen am Minimierungsort. Hierbei sind auch die Investitions- und Betriebskosten der Maßnahme sowie Auswirkungen auf andere Schutzgüter sowie auf die Wartung und Verfügbarkeit der Anlagen zu berücksichtigen.

C.III.A.1 Abstandsoptimierung

Voraussetzungen gemäß 26. BImSchVVwV

Die Bodenbeschaffenheit muss geeignete Mastfundamente ermöglichen.

Beeinträchtigung anderer Schutzgüter und Ökonomie

Eine Erhöhung der Masten erzeugt in der Regel eine Beeinträchtigung des Landschaftsbildes insbesondere für Betroffene am maßgeblichen Minimierungsort. Diese Beeinträchtigung nimmt gewöhnlich mit abnehmender Entfernung des maßgeblichen Minimierungsortes zum Masten zu, während gleichzeitig die relative Reduktion der Feldwerte ebenfalls ansteigt. Es handelt sich daher um potentiell konkurrierende Effekte. Des Weiteren kann sich das Anflugrisiko für Vögel insbesondere in entsprechend sensiblen Bereichen erhöhen. Auf ökonomischer Seite sind Mehrkosten für den Bau zu beachten.

Die Erwägung, zusätzliche Masten zur Erhöhung des Bodenabstands zu errichten, sorgt für eine wesentliche Beeinträchtigung des Landschaftsbildes. Zusätzlich sind Belange Dritter zu beachten, wenn Eingriff ins Eigentum notwendig ist. Der Bau der Mastfundamente stellt einen Eingriff in den Boden dar. Beeinträchtigungen der Tier und Pflanzenwelt am Maststandort sind möglich. Auf ökonomischer Seite sind deutliche Mehrkosten zu erwarten (Bau, privatrechtliche Verhandlungen, Grundstückskauf).

Mindestens die Beeinträchtigung des Landschaftsbildes stellt im Gegensatz zur Nützlichkeit der Feldreduzierung einen eindeutig nachweisbaren Effekt dar. Es kommt zu (zusätzlichem) Eingriff in Boden und Eigentum. Insgesamt gesehen können daher Masterrhöhungen und der Bau zusätzlicher Maste zur Minimierung der Felder weitestgehend ausgeschlossen werden.

C.III.A.2 Elektrische Schirmung

Voraussetzungen gemäß 26. BImSchVVwV

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.

Beeinträchtigung anderer Schutzgüter und Ökonomie

Zusätzliche Schirmseile sind nur dann möglich, wenn Mastkopfbilder mit entsprechenden Traversenausführungen bzw. Befestigungspunkten verfügbar sind, welche das Anbringen der zusätzlichen Erdseile ermöglichen. Dies ist in der Regel nicht der Fall. Vielmehr muss ein anderer, höherer Mastkopf mit zusätzlicher Traverse verwendet werden, was eine Erhöhung des Mastes insgesamt mit sich bringt. Dies macht in der Regel eine Neuprüfung der Statik notwendig und verursacht mit der aufwändigeren baulichen Ausführung zusätzliche Kosten. Durch die damit verbundene Notwendigkeit einer Masterrhöhung müssen die Voraussetzungen unter C.III.A.1 erfüllt sein. In Bezug auf die Beeinträchtigung von Schutzgütern ergeben sich die gleichen Einschränkungen wie unter C.III.A.1 Absatz 2. Darüber hinaus kommt es zu einer zusätzlichen Beeinträchtigung des Landschaftsbildes durch das Auflegen zusätzlicher Leiterseile; Erdseile (Einfachseile) können im Rahmen des Vogelschutzes ein Problem darstellen. Auch ein nachteiliger Einfluss auf die Geräuschmissionen ist möglich.

Mindestens die Beeinträchtigung des Landschaftsbildes stellt im Gegensatz zur Nützlichkeit der Feldreduzierung einen eindeutig nachweisbaren Effekt dar. Darüber hinaus wirkt die elektrische Schirmung nur auf das elektrische Feld, welches gegenüber dem magnetischen Feld nachrangig zu minimieren ist. Die 26. BImSchVVwV stuft die Wirksamkeit der Maßnahme außerdem als gering ein. Insgesamt betrachtet kann die elektrische Schirmung zur Minimierung der elektrischen Felder fast immer ausgeschlossen werden.

C.III.A.3 Minimierung der Seilabstände

Voraussetzungen gemäß 26. BImSchVVwV

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 Spannfelder bei geringem Durchhang kann eine deutliche Verringerung des Abstandes zwischen Leiterseilen und Stromkreisen erreicht werden.

Beeinträchtigung anderer Schutzgüter und Ökonomie

Bei Einsatz von Masten mit verringertem Seilabstand stellt sich anhand von Beispielberechnungen die Reduzierung der Felder als stark begrenzt bis teilweise völlig unerheblich dar. Die zusätzlichen Kosten bei Neubau sind meist unerheblich. Die Verringerung der Seilabstände lässt gewöhnlich die Randfeldstärke der Leiterseile ansteigen, was zu einer erhöhten Korona-Aktivität und damit zu einer Anhebung des Lärmpegels führt. Auch müssen betriebliche Anforderungen wie die Besteigbarkeit und Zugänglichkeit von Anlagenteilen während des Betriebes gewährleistet sein.

Der Einsatz von Masten mit reduzierten Seilabständen ist insbesondere gegen betriebliche Einschränkungen und die geringe Wirksamkeit der Maßnahme abzuwägen. Der Einsatz solcher Maste kann eine Erhöhung des Lärmpegels verursachen, beeinträchtigt aber ansonsten keine Schutzgüter und ist ökonomisch vertretbar.

C.III.A.4 Optimieren der Mastkopfgeometrie

Voraussetzungen gemäß 26. BImSchVVwV

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.

Beeinträchtigung anderer Schutzgüter und Ökonomie

Mastkopfbilder unterscheiden sich zum einen in der Höhe und zum anderen in der Breite. In erster Linie ist durch eine maximale Schutzstreifenbreite aufgrund der Vorgaben der Trassierung die Auswahl der Art des Mastkopfes eingeschränkt. Auf der anderen Seite sind an bestimmten Stellen bestimmte Mastkopfgeometrien für die Führung der jeweiligen Phasenleiter technisch notwendig. Wenn darüber hinaus Freiheitsgrade bezüglich der Auswahl aus den Mastkopfgeometrien Tonne, Donau und Einebene übrig bleiben, so ergibt sich in genannter Reihenfolge gestaffelt aufgrund der abnehmenden Masthöhe eine sinkende Beeinträchtigung sowohl des Landschaftsbildes als auch des potentiellen Anflugrisikos für Vögel bei gleichzeitiger Erhöhung der Feldimmissionen.

Mindestens die Beeinträchtigung des Landschaftsbildes stellt im Gegensatz zur Nützlichkeit der Feldreduzierung einen eindeutig nachweisbaren Effekt dar. Die Mehrkosten zur Auswahl eines alternativen Mastbildes sind eher gering.

C.III.A.5 Optimieren der Leiteranordnung

Voraussetzungen gemäß 26. BImSchVVwV

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. Aufgrund von Verdrillungsschemata kann eine optimierte Leiteranordnung ggf. nur für einen Teilabschnitt aber nicht über die komplette Leitungslänge hergestellt werden.

Beeinträchtigung anderer Schutzgüter

Der Einsatz von Verdrillungsmasten statt Abspannmasten erzeugt höhere Kosten und beeinträchtigt das Landschaftsbild. Verdrillungsmasten stellen höhere betriebliche Anforderungen. Eine optimierte Leiteranordnung geht mit einer erhöhten Geräuschemission einher.

C.IV Drehstromkabel im Übertragungsnetz

Gemäß Abschnitt 5.3.2 der 26. BImSchVVwV ist das magnetische Feld von Drehstromkabelanlagen auf mögliche Minimierungen durch die Maßnahmen

- Minimieren der Kabelabstände
- Optimieren der Leiteranordnung
- Optimieren der Legetiefe
- Optimieren der Legegeometrie

zu prüfen und zu bewerten.

Kabelanlagen in den Spannungsebenen ≥ 220 kV werden derzeit im Rahmen von Pilotvorhaben geplant und sind durch folgende maßgebende Parameter gekennzeichnet:

- Die zu übertragende hohe elektrische Leistung führt zu hohen Stromdichten im leitenden Querschnitt des Höchstspannungskabels. Dies induziert wiederum Ströme im Mantelschirm der betroffenen Kabel. Beides führt zu Verlustwärme, die an die unmittelbare Umgebung der Kabelanlage abgeführt wird.
- Für Kabelanlagen sind Legetiefen von 1,5 - 2,0 m üblich. Für die Erwärmung des umgebenden Erdreichs werden unter anderem behördlicherseits strenge Grenzen gefordert.

Diese hohen Anforderungen an die thermische Bilanz und die Legetiefen erfordern bereits eine Verlustoptimierung der Kabelanlage unter Berücksichtigung der Legetiefe und -abstände, Phasenordnung und Legegeometrie. Dabei ist die verlustarme Kabelanordnung eine Abwägung aus Feldkompensation, Wärmeabfuhr und Reduzierung der Mantelströme. Dadurch sind den benannten Minimierungsmaßnahmen bereits sehr enge Grenzen gesetzt. Kabelanlagen, die unter diesen Gesichtspunkten projektiert werden, schöpfen in der Regel die Minimierungsmöglichkeiten für magnetische Felder bereits aus.

Im Rahmen der Planungen sind die möglichen Minimierungspotenziale zu ermitteln. Anschließend sind die ermittelten Maßnahmen auf ihre Verhältnismäßigkeit und die Auswirkungen auf andere Schutzgüter hin zu bewerten.

C.V Hinweise zur Durchführung der pauschalierenden Betrachtung

Grundsätzlich ist von Einzelfallberechnungen für bestimmte Masttypen, die über die pauschalierende Betrachtung der Mastgrundtypen hinausgehen, abzusehen. Eine Phasenoptimierung kann nur über größere Strecken durchgeführt werden, d.h. die

Phasenordnung ist mindestens innerhalb eines Abspannabschnittes gleich. Auch der Bau zusätzlicher Verdrillungsmasten stellt wegen der betrieblichen Erfordernisse im Hinblick auf die elektrische Symmetrie des betroffenen Stromkreises und der möglichen Beeinflussungen benachbarter Stromkreise sowie wegen anderer negativer Auswirkungen eine hohe Hürde dar.

Für sämtliche maßgebliche Minimierungsorte, die innerhalb des Bewertungsabstands liegen, wird die Abhängigkeit der elektrischen Feldstärke und der magnetischen Flussdichte vom lateralen Abstand von der Leitungsachse in Feldmitte pro Spannungsbereich betrachtet (für die Phasenoptimierung pro Abspannabschnitt). Die maßgeblichen Minimierungsorte außerhalb des Bewertungsabstands werden stets am Bewertungsabstand betrachtet. Dabei spielt es keine Rolle, ob der explizit geplante Mast in seinen Maßen (weder Traversenbreite noch Höhe), in der Spannungsebene, der Beseilung oder ähnlichen Eigenschaften von der pauschalen Beispielberechnung abweicht, sofern nur relative Änderungen betrachtet werden. Bei Minimierungsorten in größerer Entfernung sollten jedoch auch die Absolutwerte der Felder Berücksichtigung finden. Es ist stets auf das Gleichrangigkeitsprinzip zu achten: Wirkt sich eine Minimierungsmaßnahme auf einen maßgeblichen Minimierungsort positiv, auf einen anderen aber nachteilig aus, so scheidet die Minimierungsmaßnahme aus.

C.V.A Überschlägige Prognose von Feldstärken

Magnetische Flussdichte

Für eine gerade Leitungsführung eines Stromkreises (nicht verdrillt) fällt die magnetische Flussdichte mit ausreichendem lateralem Abstand r zur Leitungsachse näherungsweise mit $1/r^2$ ab. Bei Mehrfachleitungen kann die Flussdichte auch mit höherer Potenz ($1/r^{(2...3)}$) abfallen.

C.VI Fazit

Es bleibt festzuhalten, dass bereits bei der Entwicklung der Technik und Projektierung der Anlagen einer Minimierung der elektrischen und magnetischen Felder in großem Maß Rechnung getragen wird. Der projektierte Planungszustand stellt bereits das Resultat eines Findungsprozesses unter Abwägung aller relevanten Belange dar. Nur in seltenen Fällen sind weitere, über diesen projektierten Planungszustand der Anlage hinausgehende Minimierungsmaßnahmen möglich, die

- technisch machbar,
- hinsichtlich der Auswirkungen auf andere Schutzgüter und betriebliche Aspekte akzeptabel, sowie
- unter vertretbarem Aufwand realisierbar

sind. Entsprechende Maßnahmen sind in den Antragsunterlagen darzustellen.

Literaturverzeichnis

- [1] Sechszwanzigste Verordnung zur Durchführung des Bundes-Immissionsschutzgesetzes (Verordnung über elektromagnetische Felder - 26. BImSchV), vom 14.08.2013.
- [2] „Hinweise zur Durchführung der Verordnung über elektromagnetische Felder - 26. Bundes-Immissionsschutzverordnung, Länderausschuss für Immissionsschutz, 23.10.2014
- [3] Allgemeine Verwaltungsvorschrift zur Durchführung der Verordnung über elektromagnetische Felder – 26. BImSchV (26. BImSchVVwV), vom 4. März 2016