> Hochspannungsleitungen Vollzugshilfe zur NISV

Vollzugs-, Berechnungs- und Messempfehlung

Entwurf zur Erprobung vom Juni 2007

Herausgegeben vom Bundesamt für Umwelt BAFU
Bern, 2007

Rechtlicher Stellenwert dieser Publikation
Diese Publikation ist der Entwurf für eine Vollzugshilfe des BAFU als Fachbehörde des Bundes für den Schutz vor nichtionisierender Strahlung (NIS). Er konkretisiert unbestimmte Rechtsbegriffe des Umweltschutzgesetzes (USG) und der Verordnung über den Schutz vor nichtionisierender Strahlung (NISV) und soll eine einheitliche Vollzugspraxis fördern. Berücksichtigen die für die Genehmigung von Hochspannungsleitungen zuständigen Leitbehörden des Bundes und die für die Ausscheidung von Bauzonen zuständigen Behörden der Kantone diesen Entwurf, so können sie davon ausgehen, dass sie das Umweltrecht rechtskonform vollziehen; andere Lösungen sind aber auch zulässig, sofern sie rechtskonform sind. Indirekt liefert die Vollzugshilfe auch wichtige Anhaltspunkte an Private, insbesondere die Elektrizitätsunternehmungen, nach denen diese die Rechtskonformität ihres wirtschaftlichen Handelns beurteilen können. Nach der Erprobungsphase wird das BAFU eine aufgrund der gesammelten Erfahrungen überarbeitete, definitive Vollzugshilfe in der Reihe «Umwelt-Vollzug» veröffentlichen.

Impressum

Herausgeber
Bundesamt für Umwelt (BAFU)
Das BAFU ist ein Amt des Eidg. Departements für Umwelt, Verkehr, Energie und Kommunikation (UVEK).

Autoren
Dr. Jürg Baumann, Dr. Stefan Joss, BAFU, Sektion NIS

Zitiervorschlag
Baumann J., Joss S. 2007: Hochspannungsleitungen. Vollzugshilfe zur NISV. Vollzugs-, Berechnungs- und Messempfehlung. Entwurf zur Erprobung, Juni 2007 Umwelt-Vollzug. Bundesamt für Umwelt, Bern. 137 S.

Gestaltung
Ursula Nöthiger-Koch, 4813 Uerkheim

Sprachen
Diese Publikation ist auch in französischer und italienischer Sprache erhältlich.

Download PDF
www.bafu.admin/ch/elektrosmog/01100/01108/04391/index.html?lang=de
(eine gedruckte Fassung ist nicht erhältlich)

© BAFU 2007

Inhalt

Vorwort **5**

1	**Einleitung**	**6**
1.1	Zweck und Geltungsbereich	6
1.2	Schutzkonzept der NISV	8
2	**Begriffe**	**9**
2.1	Anlage	9
2.1.1	Zu beurteilender Leitungsabschnitt	10
2.1.2	Gemeinschaftsleitungen	10
2.1.3	Enger räumlicher Zusammenhang bei parallelen Leitungen	10
2.1.4	Schnittstelle zwischen der Leitung und Unterwerken, Schaltanlagen und Transformatorenstationen	14
2.1.5	Übertragungsleitungen der Eisenbahn (16.7 Hz) im Nahbereich von Fahrleitungsanlagen	14
2.2	Anlageinhaber	15
2.3	Anlagegrenzwert (AGW)	16
2.4	Massgebender Betriebszustand	17
2.4.1	Massgebender Strom	17
2.4.2	Massgebende Lastflussrichtungen	19
2.4.3	Massgebender Leiterdurchhang von Freileitungen	20
2.5	Neue und alte Anlagen	21
2.5.1	Generelles	21
2.5.2	Verlegung einer alten Anlage an einen anderen Standort	22
2.5.3	Ersatz einer alten Anlage am bisherigen Standort	22
2.6	Änderung einer alten Anlage	23
2.6.1	Änderung der Leiteranordnung	23
2.6.2	Änderung des massgebenden Betriebszustandes	24
2.6.3	Änderung der Phasenbelegung	24
2.6.4	Keine Änderungen im Sinne der NISV	24
2.7	Orte mit empfindlicher Nutzung (OMEN)	25
2.8	Orte für den kurzfristigen Aufenthalt (OKA)	26
2.9	Untersuchungs- und Legitimationsperimeter	27
2.9.1	Untersuchungsperimeter	27
2.9.2	Legitimationsperimeter	27
3	**Anforderungen**	**28**
3.1	Vorsorgliche Emissionsbegrenzungen	28
3.1.1	Neue Anlagen	28
3.1.2	Alte Anlagen	28
3.1.3	Änderung von Anlagen	29
3.1.4	Ausnahmen	32
3.1.5	Konformität des tatsächlichen Betriebs mit dem bewilligten massgebenden Betriebszustand	33
3.2	Einhaltung der Immissionsgrenzwerte	34
3.3	Ausscheidung neuer Bauzonen	35
3.4	Mitwirkungs- und Meldepflicht des Anlageinhabers	37
4	**Rechte der Bevölkerung**	**39**
4.1	Mitwirkung in Plangenehmigungs- und Sanierungsverfahren	39
4.2	Information über den Betrieb von Leitungen nach Abschluss eines Plangenehmigungs- oder Sanierungsverfahrens	41
5	**Vollzug der NISV bei der Erstellung und Änderung von Leitungen**	**42**
5.1	Geltungsbereich	42
5.2	Standortdatenblatt	42
5.3	Antrag auf Ausnahmebewilligung	42
5.4	Prüfung und Genehmigung durch die Behörde	42
5.5	Betrieb der Anlage	43
5.5.1	Erfassung der Betriebsdaten	43
5.5.2	Abnahmemessung	44
6	**Vollzug der NISV bei alten Leitungen**	**45**
6.1	Geltungsbereich	45
6.2	Abklärung des Sanierungsbedarfs	45
6.3	Meldeformular «Sanierungsabklärung für eine alte Hochspannungsleitung»	46

6.4 Prüfung durch die Behörde 46
6.4.1 Keine Sanierung 46
6.4.2 Sanierung 46
6.4.3 Erfassung der Betriebsdaten 47
6.5 Betrieb der Anlage 47

7 Ausscheidung neuer Bauzonen 48
7.1 Ausscheidung neuer Bauzonen neben bestehenden Leitungen 48
7.2 Ausscheidung neuer Bauzonen neben geplanten Leitungen 48

8 Berechnungs- und Messmethoden 49
8.1 Modellierung der magnetischen Flussdichte 49
8.1.1 Zweck 49
8.1.2 Verhältnis von Modellierung und Messung der magnetischen Flussdichte 49
8.1.3 Ort für die Modellierung 50
8.1.4 Modellierung für den massgebenden Betriebszustand 50
8.2 Abnahmemessung 53
8.2.1 Allgemeines 53
8.2.2 Bestimmung der Ströme und Lastwinkel 55
8.2.3 Bestimmung der Positionen der Leiter und des Messortes 56
8.2.4 Messung der magnetischen Flussdichte 57
8.2.5 Modellierung der magnetischen Flussdichte für den Betriebszustand während der Abnahmemessung 58
8.2.6 Unsicherheit der Abnahmemessung 59
8.2.7 Validierung des Leitungsmodells 60
8.2.8 Anforderungen an den Messbericht 60
8.2.9 Akkreditierung von Prüfstellen oder Inspektionsstellen 60
8.3 Richtabstand zur Einhaltung des Anlagegrenzwertes 61
8.3.1 Zweck 61
8.3.2 Anwendungsbereich 61
8.3.3 Richtabstand 62
8.4 Ermittlung der optimalen Phasenbelegung 64
8.4.1 Allgemeines 64
8.4.2 Zwei Stränge gleicher Frequenz 65
8.4.3 Drei und mehr Stränge gleicher Frequenz 65
8.4.4 Grösserräumige Aspekte 66
8.5 Bestimmung des Legitimations- und Untersuchungsperimeters 66
8.5.1 Bestimmung des Legitimationsperimeters 66
8.5.2 Bestimmung des Untersuchungsperimeters 70
8.6 Bestimmung der massgebenden Kombination der Lastflussrichtungen 71
8.6.1 Allgemeines 71
8.6.2 Statistische Auswertung der Lastflussdaten von zwei Leitungssträngen 71
8.6.3 Prognose in der Planungsphase 72
8.6.4 Bestimmung aufgrund von Betriebsaufzeichnungen 73
8.7 Bestimmung der elektrischen Feldstärke 73
8.7.1 Zweck 73
8.7.2 Methoden 73
8.7.3 Betriebszustand EMax 73
8.7.4 Ort der Bestimmung 74
8.7.5 Modellierung der elektrischen Feldstärke 75

Anhänge 76
A1 Standortdatenblatt für Hochspannungsleitungen 76
A1-1 Struktur des Standortdatenblattes 76
A1-2 Beispiele 79
A1-3 Anleitung zum Ausfüllen des Standortdatenblattes 81
A2 Meldeformular: Sanierungsabklärung für eine alte Hochspannungsleitung 105
A2-1 Struktur des Meldeformulars 105
A2-2 Anleitung zum Ausfüllen des Meldeformulars 108
A3 Meldeformular: Planungsabstand für neue Bauzonen bei einer Hochspannungsleitung 120
A3-1 Anleitung zum Ausfüllen des Meldeformulars 120
A4 Thermischer Grenzstrom von Freileitungen 125
A5 Massgebende Kombination der Lastflussrichtungen zweier Leitungsstränge 127
A6 Abschätzung der Unsicherheit von Abnahmemessungen 129
A6-1 Generelles Vorgehen 129
A6-2 Beispiel 130
A7 Anforderungen bei Anpassungen alter Anlagen 134

Abkürzungen / Glossar 136

> Vorwort

Hochspannungsleitungen bilden das Grundgerüst unserer Stromversorgung. Sie transportieren die elektrische Energie von den Kraftwerken zu den Verbrauchern und ermöglichen den Stromaustausch über die Landesgrenzen hinweg. Diese Leitungen erzeugen als Nebenerscheinung jedoch auch niederfrequente magnetische und zum Teil elektrische Felder. In der Verordnung über den Schutz vor nichtionisierender Strahlung (NISV), welche am 1. Februar 2000 in Kraft getreten ist, hat der Bundesrat für diese Felder Grenzwerte festgelegt und für bestehende Anlagen Sanierungsvorschriften erlassen.

Mit der vorliegenden Vollzugs-, Berechnungs- und Messempfehlung präzisiert das BAFU die Vorschriften der NISV und konkretisiert deren Vollzug. Es kommt auch seiner Verpflichtung nach, Methoden für die Berechnung und Messung der elektrischen und magnetischen Felder zu empfehlen. Das BAFU wurde in der Vorbereitung dieser Vollzugshilfe von einer Begleitgruppe aus Vertretern des Eidg. Starkstrominspektorats, des Bundesamts für Energie, des Bundesamts für Verkehr, von kantonalen NIS-Fachstellen, des Verbandes Schweiz. Elektrizitätswerke, der SBB und von Umweltorganisationen unterstützt. Ihnen sei an dieser Stelle für ihre wertvollen Beiträge gedankt.

Einige Vorgehensweisen und Nachweisverfahren sind neu, und es gibt dazu zum Teil noch wenig Praxiserfahrungen. Die vorliegende Vollzugshilfe wird deshalb vorerst als Entwurf zur Erprobung während zwei Jahren herausgegeben. Nach Abschluss der Erprobungsphase sollen die Erfahrungen ausgewertet und die Vollzugshilfe wenn nötig angepasst und in eine definitive Form gebracht werden.

Ein Teil dieser Vollzugshilfe befasst sich mit Abnahmemessungen. Das betreffende Kapitel stellt – bereits in der vorliegenden Entwurfsfassung – die Grundlage dar, auf der sich Messlabors bei der Schweiz. Akkreditierungsstelle für solche Messungen akkreditieren lassen können.

Das BAFU hofft, mit dieser Vollzugshilfe für Vollzugsbehörden, Elektrizitätsunternehmen, Messlabors und die interessierte Bevölkerung Klarheit über den Vollzug der NISV bei Hochspannungsleitungen zu schaffen.

Weitere Arbeitsunterlagen, insb. die in den Anhängen beschriebenen Formularsätze, sowie Beispielsammlungen und ein Computerprogramm für die Auswertung von Betriebsdaten finden sich auf der Homepage des BAFU unter *www.bafu.admin.ch/elektrosmog/01100/01108/04391/index.html?lang=de*.

Dr. Martin Schiess
Leiter der Abteilung Luftreinhaltung und NIS
Bundesamt für Umwelt (BAFU)

1 > Einleitung

1.1 Zweck und Geltungsbereich

Die vorliegende Vollzugs- Berechnungs- und Messempfehlung (Vollzugshilfe) ist eine detaillierte Anleitung, wie die Vollzugsbehörden des Bundes prüfen können, ob eine elektrische Leitung die Anforderungen der Verordnung über den Schutz vor nichtionisierender Strahlung (NISV; SR 814.710) erfüllt. Zusätzlich gibt sie Auskunft, wie bei der Ausscheidung neuer Bauzonen neben bestehenden oder geplanten Leitungen sichergestellt wird, dass die diesbezüglichen Anforderungen der NISV eingehalten sind. Das BAFU kommt mit der vorliegenden Vollzugshilfe insbesondere seiner Verpflichtung nach, geeignete Mess- und Berechnungsmethoden für die Kontrolle der Einhaltung der Emissionsbegrenzungen (Art. 12 NISV) und für die Ermittlung der Immissionen (Art. 14 NISV) zu empfehlen.

Die Vollzugshilfe besteht aus:

- Erläuterungen und Präzisierungen zur NISV
- Empfehlungen für das Vorgehen bei der Sanierung, Neuerstellung und Änderung einer Leitung sowie bei der Ausscheidung neuer Bauzonen
- der Empfehlung für die Berechnung der magnetischen Flussdichte und elektrischen Feldstärke von elektrischen Leitungen
- der Empfehlung für die Messung der magnetischen Flussdichte von elektrischen Leitungen
- dem Standortdatenblatt für Hochspannungsleitungen (Neuerstellung und Änderung einer Leitung)
- dem Meldeformular «Sanierungsabklärung für eine alte Hochspannungsleitung»
- dem Meldeformular «Planungsabstand für neue Bauzonen bei einer Hochspannungsleitung»

Sie enthält hingegen keine technischen Anleitungen, wie Leitungen emissionsarm gebaut oder saniert werden können. Entsprechende Konzepte und Erfahrungen sind der elektrotechnischen Fachliteratur zu entnehmen.

Die vorliegende Vollzugshilfe richtet sich primär an die für die Genehmigung von Hochspannungsleitungen zuständigen Leitbehörden des Bundes (Erläuterungen zur NISV, Mess- und Berechnungsempfehlung, Vollzug) und die für die Raumplanung zuständigen Behörden der Kantone (Ausscheidung von Bauzonen). Sie dient auch den Elektrizitätsunternehmen als Grundlage für die Wahrnehmung ihrer Mitwirkungs- und Meldepflichten im Rahmen des Vollzugs der NISV (Standortdatenblatt und Meldeformulare) und enthält Hintergrundinformationen für alle an den jeweiligen Verfahren Beteiligten.

Leitbehörde für die Plangenehmigung und Sanierung von elektrischen Leitungen der öffentlichen Stromversorgung ist das Eidg. Starkstrominspektorat (ESTI), allenfalls das Bundesamt für Energie (BFE); bei Übertragungsleitungen der Eisenbahnen ist das Bundesamt für Verkehr (BAV) Leitbehörde. Bei kombinierten Leitungen wird die Zuständigkeit fallweise festgelegt. Im Rahmen des Plangenehmigungsverfahrens (PGV) werden die Kantone durch die zuständige Bundesbehörde angehört.

Die Vollzugshilfe gilt nur für elektrische Frei- und Kabelleitungen, die in Anhang 1 Ziffer 1 NISV geregelt sind:

Anhang 1 NISV

11 Geltungsbereich

[1] Die Bestimmungen dieser Ziffer gelten für folgende Anlagen mit einer Nennspannung von mindestens 1000 V:

a. Wechselstrom-Freileitungen

b. Wechselstrom-Kabelleitungen mit Einleiterkabeln in getrennten Rohren

Elektrische Leitungen mit Nennspannungen unter 1000 V, Gleichstromleitungen sowie sämtliche Kabelleitungen mit Mehrleiterkabeln werden in der vorliegenden Vollzugshilfe nicht behandelt. Bei solchen Leitungen gelten die Immissionsgrenzwerte nach Anhang 2 NISV a priori als eingehalten. Zudem enthält die NISV für diese Leitungen keine expliziten vorsorglichen Emissionsbegrenzungen (z.B. Anlagegrenzwerte).

Ebenfalls nicht Gegenstand dieser Vollzughilfe sind die Fahrleitungen von Eisen- und Strassenbahnen sowie deren Speiseleitungen[1]. Diese sind in der NISV separat geregelt (Anhang 1 Ziffer 5 NISV).

Die Vollzugshilfe gilt nicht für die Exposition von Arbeitskräften bei Unterhaltsarbeiten an elektrischen Leitungen (Art. 2 Abs. 2 Bst. a NISV). In diesem Fall ist nicht die NISV, sondern es sind die Vorschriften über den Schutz der ArbeitnehmerInnen anwendbar.[2]

[1] Übertragungsleitungen für Bahnstrom von 16.7 Hz der Spannungsebenen 66 kV und 132 kV hingegen sind im Geltungsbereich eingeschlossen.

[2] Grenzwerte am Arbeitsplatz 2007, SUVA Luzern.

1.2 Schutzkonzept der NISV

Die NISV verfolgt für den Teilbereich der elektrischen Leitungen zwei Schutzziele:

- Verhinderung gesicherter, akuter Gefährdungen und erheblicher Belästigungen von Menschen
- Vorsorgliche Begrenzung der Langzeitexposition von Menschen gegenüber dem Magnetfeld von elektrischen Leitungen

Das erste Ziel, die Abwehr von akuten Gefährdungen und erheblichen Belästigungen, ist in Anhang 2 NISV in Form von Immissionsgrenzwerten (IGW) konkretisiert. Bei den akuten Gefährdungen handelt es sich um die Stimulation von Nerven- und Muskelzellen, welche durch sehr starke elektrische oder magnetische Felder ausgelöst werden kann. Belästigungen andererseits sind bei elektrischen Leitungen nur vom elektrischen Feld zu erwarten. So können sich in einem starken elektrischen Feld unangenehme bis schmerzhafte Empfindungen bei der Berührung metallischer Gegenstände ergeben. Der Immissionsgrenzwert für die elektrische Feldstärke ist so bemessen, dass die Stimulation von Zellen mit grosser Sicherheitsreserve und belästigende Effekte weitgehend ausgeschlossen sind.

Die Immissionsgrenzwerte müssen jederzeit, also insbesondere auch dann, wenn die Immissionen am höchsten sind, und überall eingehalten werden, wo sich Personen auch nur kurzfristig aufhalten können. Alte Leitungen, welche den IGW für die elektrische Feldstärke im ungünstigsten Betriebszustand überschreiten, müssen grundsätzlich saniert[3] werden. Aus Gründen der Verhältnismässigkeit sollen dabei diejenigen Leitungsabschnitte prioritär saniert werden, bei denen konkret erhebliche Belästigungen auftreten. Ist dies nicht der Fall, wird die Sanierung nicht als dringlich erachtet.

Im Gegensatz zu den Immissionsgrenzwerten beziehen sich die vorsorglichen Emissionsbegrenzungen der NISV auf die Langzeitexposition von Personen. Sie gelten daher nur an Orten, an denen sich Menschen längere Zeit aufhalten, in der NISV als «Orte mit empfindlicher Nutzung» (OMEN) bezeichnet. Die Langzeitexposition wird einerseits durch Massnahmen an den Anlagen, andererseits durch ausreichende Abstände bei der Ausscheidung neuer Bauzonen begrenzt.

[3] In der ganzen Vollzugshilfe werden unter dem Begriff «Sanierung» nur Massnahmen verstanden, die zur Einhaltung der Anforderungen der NISV getroffen werden. Nicht eingeschlossen sind Erneuerungs- und Wartungsarbeiten zur Gewährleistung der technischen Sicherheit der Leitungen.

2 > Begriffe

In diesem Kapitel werden Begriffe der NISV erläutert und präzisiert sowie weitere Begriffe eingeführt, die in der vorliegenden Vollzugshilfe verwendet werden.

2.1 Anlage

Die vorsorglichen Emissionsbegrenzungen von Anhang 1 Ziffer 1 NISV beziehen sich jeweils nur auf eine einzelne Anlage. Die Definition der Anlage ist daher für die Anwendung dieser Bestimmungen von grosser Bedeutung. Sie kann sich von der im Elektrizitätsrecht gebräuchlichen Definition unterscheiden. Im folgenden wird unter «Anlage» stets eine Anlage im Sinne der NISV verstanden. Diese ist in Anhang 1 Ziffer 12 NISV wie folgt definiert:

Anhang 1 NISV

12 Begriffe

...

[3] Eine Leitung besteht aus der Gesamtheit aller Phasen- und Erdleiter auf einem Tragwerk oder in einer erdverlegten Kabelanlage. Sie kann einen oder mehrere Leitungsstränge umfassen.

[4] Die Anlage umfasst innerhalb des zu beurteilenden Leitungsabschnittes alle Leitungen, die in einem engen räumlichen Zusammenhang stehen.

...

Diese Definition grenzt die Anlage einerseits in der Länge ein (nur «der zu beurteilende Leitungsabschnitt»), andererseits legt sie fest, welches Ensemble von Leitungssträngen[4] bei der Modellierung der magnetischen Flussdichte und der Ermittlung der optimalen Phasenbelegung einzubeziehen ist. Dies ist insbesondere bei parallel geführten Leitungen von Bedeutung. Zu dieser Definition sind folgende Erläuterungen und Präzisierungen angebracht:

[4] Beim 16.7 Hz-Übertragungsnetz der Bahnen werden die einzelnen Leitungsstränge als «Schleifen» bezeichnet.

2.1.1 Zu beurteilender Leitungsabschnitt

Anhang 1 Ziffer 12 Absatz 4 NISV geht davon aus, dass die NIS-Beurteilung von elektrischen Leitungen für begrenzte Leitungsabschnitte erfolgt[5]. Dies entspricht der gängigen Praxis bei der Planvorlage und -genehmigung von Leitungen, welche immer einen definierten Leitungsabschnitt betreffen. Im einen Extremfall kann es sich dabei um die Erstellung eines neuen Leitungsabschnitts über mehrere 10 km handeln, im andern nur um den Ersatz oder die Verschiebung weniger bestehender Masten. Im letzten Fall gelten als «zu beurteilender Leitungsabschnitt» alle Spannweiten zwischen den betreffenden Masten plus die beiden aussen anschliessenden Spannweiten. Die Einhaltung der Bestimmungen der NISV muss nur für dieses begrenzte Stück überprüft werden.

Ein und dasselbe Leitungsprojekt muss für die NIS-Beurteilung unter Umständen in einzelne Unterabschnitte unterteilt werden, für welche unterschiedliche Anforderungen gelten. Wenn eine Leitung beispielsweise von A nach B neu erstellt und von B nach C auf die Tragwerke einer alten Leitung aufgelegt wird, dann stellt der erste Unterabschnitt im Sinne der NISV eine neue Anlage dar (Kapitel 2.5.1), der zweite die Änderung einer alten Anlage (Kapitel 2.6.1).

2.1.2 Gemeinschaftsleitungen

Alle Leitungsstränge auf einem Tragwerk oder in einer Kabelanlage gelten zusammen als eine Leitung (Anh. 1 Ziff. 12 Abs. 3 NISV), auch wenn sie nicht dem gleichen Unternehmen gehören. Dies gilt auch für Leitungen, die sowohl Leitungsstränge des öffentlichen (50 Hz) als auch des Übertragungsnetzes der Eisenbahn (16.7 Hz) umfassen. Bei Gemeinschaftsleitungen von zwei oder mehreren Elektrizitätsunternehmen sind daher für die NIS-Beurteilung alle Leitungsstränge zu berücksichtigen.

2.1.3 Enger räumlicher Zusammenhang bei parallelen Leitungen

Innerhalb des zu beurteilenden Leitungsabschnitts (Kapitel 2.1.1) gelten parallele Leitungen dann zusammen als eine Anlage im Sinne der NISV, wenn sie in einem engen räumlichen Zusammenhang stehen. Ob dies der Fall ist, wird gemäss folgendem Vorgehen festgestellt:

In einem ersten Schritt werden beide Leitungen separat betrachtet. Für jede der beiden Leitungen wird mit einem 2D-Rechenmodell (Kapitel 8.1.4) die 1 µT-Isolinie in der Ebene senkrecht zur Leitungsachse berechnet. Dabei ist für jede Leitung von den gemäss Kapitel 2.4.1 massgebenden Strömen und der optimalen Phasenbelegung (Kapitel 8.4) auszugehen. Wenn sich die 1 µT-Isolinien der beiden Leitungen berühren oder überlappen, gelten beide Leitungen zusammen als eine Anlage. Eine solche Situation ist in Abbildung 1 beispielhaft für zwei parallelgeführte 110 kV-Freileitungen dargestellt.

[5] Einzig bei der Phasenoptimierung ist unter Umständen eine grösserräumige Betrachtung nötig. Wie in Kapitel 8.4.4 ausgeführt wird, kann die Optimierung der Phasenbelegung auf einem bestimmten Leitungsabschnitt eine Erhöhung der magnetischen Flussdichte bei einem anderen Leitungsabschnitt zur Folge haben.

Abb. 1 > Zwei parallele Freileitungen, die im Sinne der NISV als eine Anlage gelten.

Erläuterungen siehe Text.

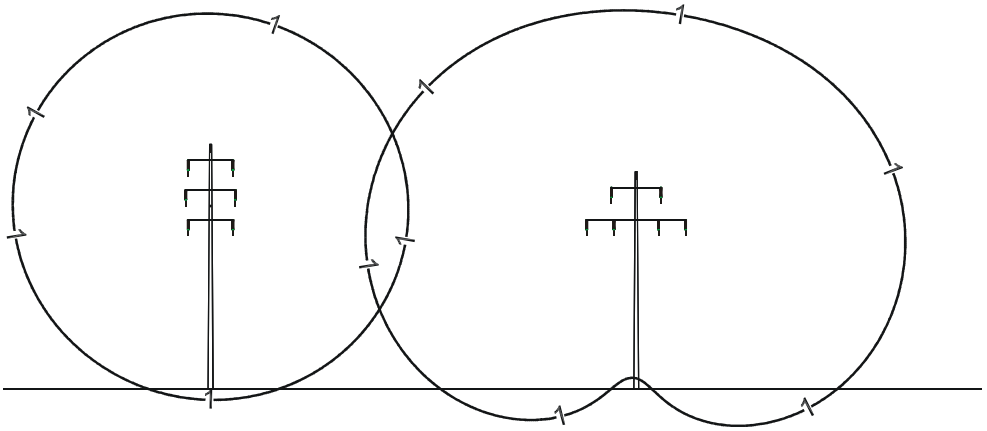
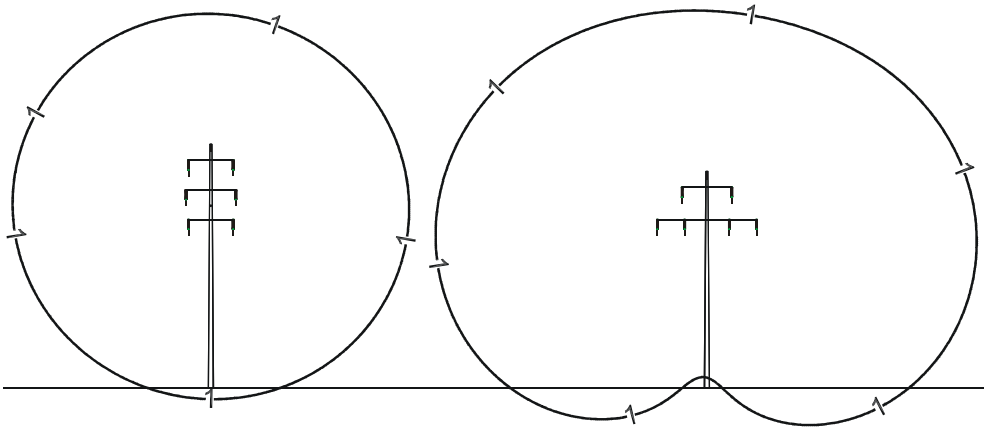


Abb. 2 > Zwei parallele Freileitungen, die im Sinne der NISV als zwei separate Anlagen gelten.

Erläuterungen siehe Text.



Berühren sich die beiden 1 µT-Isolinien nicht, wie dies in Abbildung 2 der Fall ist, dann gelten beide Leitungen als separate Anlagen. Sie werden unabhängig voneinander beurteilt und haben je für sich allein die vorsorglichen Anforderungen der NISV zu erfüllen. Insbesondere muss jede der beiden Leitungen den Anlagegrenzwert nur für die von ihr allein erzeugte Strahlung einhalten.

Was in den Abbildungen 1 und 2 für zwei parallele Freileitungen dargestellt ist, gilt analog auch für zwei parallele Kabelleitungen sowie eine Kabelleitung, die parallel zu einer Freileitung verläuft. In die Modellierung der magnetischen Flussdichte soll – sofern sich deren 1 µT-Isolinien überlappen – sowohl die Frei- als auch die Kabelleitung einbezogen werden. Entsprechende Beispiele sind in den Abbildungen 3 und 4 illustriert.

Abb. 3 > Zwei parallele Kabelleitungen, die im Sinne der NISV als eine Anlage gelten.

Erläuterungen siehe Text.

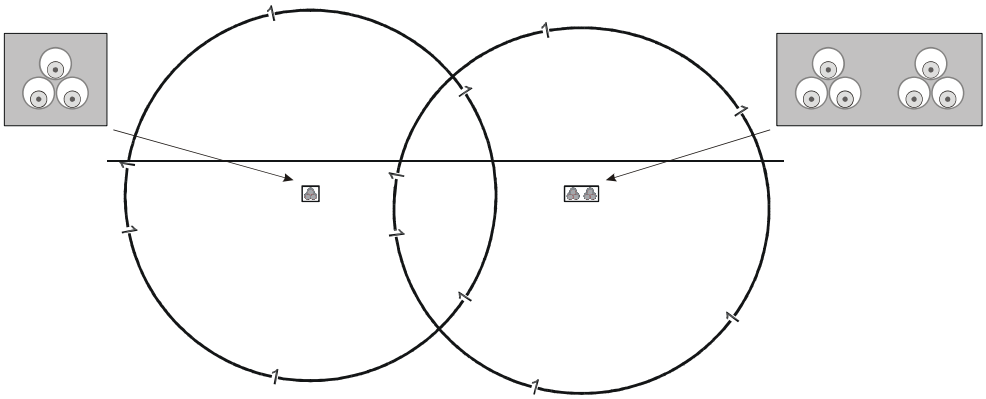
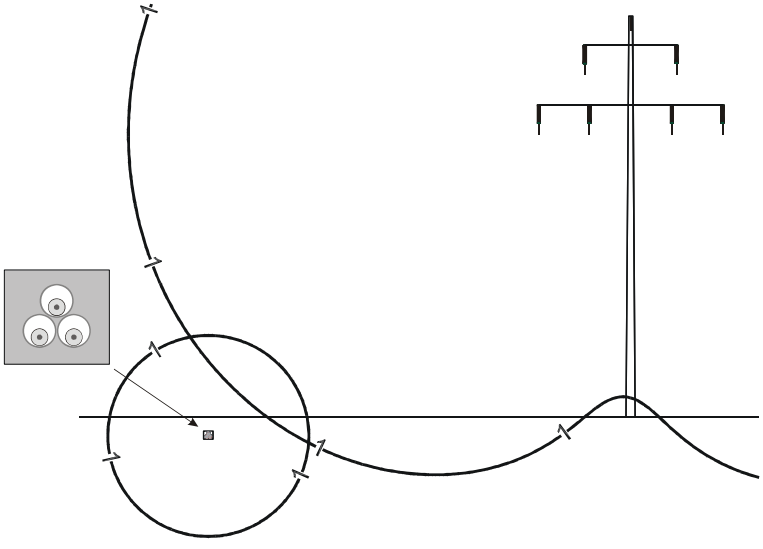


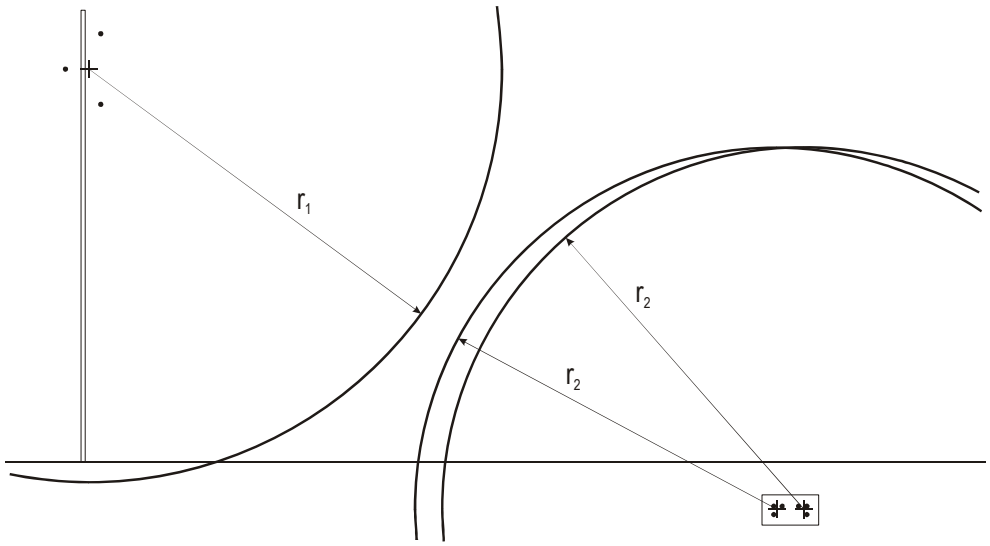
Abb. 4 > Parallele Frei- und Kabelleitung, die im Sinne der NISV als eine Anlage gelten.

Erläuterungen siehe Text.



Der Nachweis, dass zwei parallele Leitungen als separate Anlagen zu behandeln sind, kann bei einfachen Leitungen auch mit Hilfe der Richtabstände gemäss Kapitel 8.3 erbracht werden. Anwendbar ist diese einfache Methode für ein- oder zweisträngige Leitungen, die bezüglich thermischem Grenzstrom und Leiteranordnung die Bedingungen von Kapitel 8.3.2 erfüllen. In diesem Fall muss die 1 µT-Isolinie nicht detailliert berechnet, sondern kann durch einen Kreis mit Radius der Richtabstandes gemäss Kapitel 8.3.3 angenähert werden. Der Kreis hat sein Zentrum im geometrischen Schwerpunkt des Leitungsstrangs (bei einer zweisträngigen Leitung ist der der parallelen Leitung zugewandte Strang zu wählen). Wenn sich die beiden Kreise nicht berühren, dann gelten die beiden Leitungen als separate Anlagen. Ein Beispiel findet sich in Abbildung 5. Berühren oder überlappen sich die beiden Kreise jedoch, dann bedeutet dies nicht notwendigerweise, dass die beiden Leitungen als eine Anlage zu behandeln sind. Für eine abschliessende Feststellung müssen in diesem Fall die 1 µT-Isolinien detailliert berechnet werden.

Abb. 5 > Parallele Frei- und Kabelleitung, die im Sinne der NISV als zwei separate Anlagen gelten. Grobabklärung anhand des Richtabstandes *r* gemäss Kapitel 8.3.3.



Einen Spezialfall stellt die Kreuzung zweier Leitungen dar. Es ist jedoch davon auszugehen, dass sich Orte mit empfindlicher Nutzung nur selten so nahe bei einer Leitungskreuzung befinden, dass bei der Modellierung der magnetischen Flussdichte beide Leitungen einbezogen werden müssen. Am ehesten könnte dies noch auftreten, wenn ein erdverlegtes Kabel eine Freileitung kreuzt. Auf eine detaillierte Empfehlung wird verzichtet.

2.1.4 Schnittstelle zwischen der Leitung und Unterwerken, Schaltanlagen und Transformatorenstationen

Im Konzept der NISV (Anh. 1 Ziff. 1 bis 3 NISV) gelten elektrische Leitungen, Unterwerke/Schaltanlagen sowie Transformatorenstationen als unterschiedliche Anlagearten. Soweit die NISV die Einhaltung des Anlagegrenzwertes verlangt, muss jede der genannten Anlagen diesen nur für die von ihr allein verursachte Strahlung einhalten. Für die Schnittstelle zwischen einer Leitung und einem Unterwerk/Schaltstation bzw. einer Transformatorenstation gilt folgendes:

- Bei Freileitungen ist die oberirdische Einführung in das Unterwerk/die Schaltanlage bis und mit dem Abspanngerüst noch als Teil der Leitung zu betrachten, selbst wenn sich dieses innerhalb der Umzäunung des Unterwerks befindet.
- Bei Kabelleitungen oder Kabeleinführungen liegt die Schnittstelle zwischen einer Leitung und einem Unterwerk/einer Schaltanlage oder einer Transformatorenstation an den Kabelenden bis und mit dem Endverschluss.

Die vorliegende Vollzugshilfe behandelt nur die NIS-Beurteilung der Leitungen, nicht von Unterwerken, Schaltanlagen und Transformatorenstationen.

2.1.5 Übertragungsleitungen der Eisenbahn (16.7 Hz) im Nahbereich von Fahrleitungsanlagen

Was oben für Leitungen und Unterwerke ausgeführt wurde, gilt sinngemäss auch für Übertragungsleitungen der Eisenbahn im Nahbereich von Bahntrassen. Im Rahmen der vorsorglichen Emissionsbegrenzungen gelten die Übertragungsleitung und die Fahrleitungsanlage als unabhängige Anlagen. Verläuft eine 66 oder 132 kV-Übertragungsleitung der Eisenbahn beispielsweise parallel zu einem Bahntrassee, dann werden die Übertragungsleitung und die Fahrleitungsanlage separat betrachtet, eine kombinierte Beurteilung ist nicht notwendig. Soweit die NISV die Einhaltung des Anlagegrenzwertes verlangt, muss jede der genannten Anlagen diesen nur für die von ihr allein verursachte Strahlung einhalten. Während die Modellierung der magnetischen Flussdichte für die Übertragungsleitung allein problemlos möglich ist, wird man bei einer Messung stets die Anteile beider Anlagen erfassen. Für eine Abnahmemessung der Übertragungsleitung gemäss Kapitel 8.2 muss deshalb die Fahrleitungsanlage ausgeschaltet werden.

Die vorliegende Vollzugshilfe behandelt nur die NIS-Beurteilung der Übertragungsleitungen, nicht von Fahrleitungsanlagen.

2.2 Anlageinhaber

Artikel 10 NISV verpflichtet den Inhaber einer Anlage zur Mitwirkung gegenüber den Behörden.

Art. 10 NISV Mitwirkung

Der Inhaber einer Anlage ist verpflichtet, der Behörde auf Verlangen die für den Vollzug erforderlichen Auskünfte, namentlich Angaben nach Artikel 11 Absatz 2, zu erteilen. Nötigenfalls hat er Messungen oder andere Abklärungen durchzuführen oder zu dulden.

Umfasst die Anlage nur *eine* Leitung, dann gilt dasjenige Unternehmen als Inhaber, welches die Plangenehmigung innehat oder beantragt.

Umfasst die Anlage zwei oder mehr parallele Leitungen (Kapitel 2.1.3) dann sollen die beteiligten Unternehmen bei Bedarf einen Koordinator bestimmen, der die Mitwirkungspflicht gegenüber den Behörden für die ganze Anlage wahrnimmt und Ansprechpartner für die Behörden ist. In der Regel wird dies der Inhaber derjenigen Leitung sein, deren 1 µT-Isolinie die grösste Ausdehnung hat.

2.3 Anlagegrenzwert (AGW)

Art. 3 NISV Begriffe

...
[6] Der Anlagegrenzwert ist eine Emissionsbegrenzung für die von einer Anlage allein erzeugte Strahlung.

Anhang 1 NISV

14 Anlagegrenzwert
Der Anlagegrenzwert für den Effektivwert der magnetischen Flussdichte beträgt 1 µT.

Der Anlagegrenzwert bezieht sich nur auf:

- Orte mit empfindlicher Nutzung (Kapitel 2.7)
- den massgebenden Betriebszustand (Kapitel 2.4)
- die von einer einzigen Anlage (Kapitel 2.1) erzeugte magnetische Flussdichte.

Der Anlagegrenzwert hat im Rahmen der vorsorglichen Emissionsbegrenzung vier Funktionen:

- Bei der Erstellung neuer Anlagen ist er an Orten mit empfindlicher Nutzung grundsätzlich einzuhalten (Anh. 1 Ziff. 15 Abs. 1 NISV).
- Bei der Änderung bestehender Anlagen dient er dazu, diejenigen OMEN zu identifizieren, an denen die magnetische Flussdichte grundsätzlich nicht zunehmen darf (Art. 9 Abs. 1 NISV).
- Bei bestehenden Anlagen dient er als Kriterium um festzustellen, ob die Phasenbelegung optimiert werden muss (Anh.1 Ziff. 16 Abs. 1 NISV)
- Bei der Ausscheidung von Bauzonen legt er indirekt den Mindestabstand der neuen Bauzone von einer bestehenden oder geplanten Anlage fest (Art. 16 NISV).

2.4 Massgebender Betriebszustand

Die vorsorglichen Emissionsbegrenzungen für elektrische Leitungen haben zum Ziel, die Langzeitbelastung der Anwohner gegenüber dem Magnetfeld von Leitungen zu reduzieren. Da das Magnetfeld von Leitungen zeitlich sehr stark schwankt, wäre eine Prognose und Erfassung des Langzeitmittels der magnetischen Flussdichte mit ausserordentlich grossem Aufwand und grosser Unsicherheit verbunden. Der Verordnungsgeber hat deshalb die vorsorglichen Bestimmungen nicht an den realen Betrieb der Leitungen, sondern ersatzweise an einen für die jeweilige Leitung eindeutigen, durch möglichst wenige Parameter definierten Referenzzustand gekoppelt. Dieser Referenzzustand wird in der NISV als «massgebender Betriebszustand» bezeichnet[6]. Soweit die NISV die Einhaltung des Anlagegrenzwerts verlangt, gilt dies immer nur für diesen Betriebszustand. In der Regel ist das Langzeitmittel der magnetischen Flussdichte im realen Betrieb niedriger als der Wert im massgebenden Betriebszustand[7].

Der massgebende Betriebszustand ist in Anhang 1 Ziffer 13 NISV wie folgt definiert:

Anhang 1 NISV

13 Massgebender Betriebszustand

[1] Als massgebender Betriebszustand der Anlage gilt der gleichzeitige Betrieb aller Leitungsstränge, wobei jeder Leitungsstrang betrieben wird:

a. mit seinem thermischen Grenzstrom bei 40 °C; und

b. in der am häufigsten vorkommenden Lastflussrichtung

[2] Wird in der Plangenehmigungsverfügung ein vom thermischen Grenzstrom abweichender Wert für den maximalen Strom festgelegt, so kann für die Festlegung des massgebenden Betriebszustands dieser Wert zugrunde gelegt werden.

Aufgrund der bisherigen Erfahrung ist es angezeigt, diese Definition zu präzisieren und zu ergänzen.

2.4.1 Massgebender Strom

Der massgebende Betriebszustand ist für jeden Leitungsstrang durch eine bestimmte Stromstärke charakterisiert. Diese wird im Folgenden als «massgebender Strom» bezeichnet. Obschon in der Definition von Anhang 1 Ziffer 13 NISV nicht explizit erwähnt, ist von einer symmetrischen Strombelastung auszugehen, d.h. dem Idealfall, in dem alle Phasenleiter eines Leitungsstranges gleich hohe Ströme führen und sich deren Phasenwinkel um genau 120 Grad (bei 50 Hz-Systemen) bzw. 180 Grad (bei 16.7 Hz-

[6] Für die Einhaltung des Immissionsgrenzwertes für die elektrische Feldstärke ist demgegenüber derjenige Betriebszustand zu Grunde zu legen, welcher kurzfristig die höchste elektrische Feldstärke erzeugt (siehe Kapitel 8.7.3).

[7] Ausnahmsweise kann allerdings auch das Umgekehrte auftreten. Dies liegt darin begründet, dass die Definition des massgebenden Betriebszustandes bewusst einfach gehalten wurde und deshalb nicht jede denkbare langfristige Betriebssituation einer Leitung mit der nötigen Reserve abdeckt.

Systemen) unterscheiden. Nur auf diese Weise erhält man eindeutig definierte Verhältnisse. Gleiches gilt für die Oberwellen, welche in einer grossen Vielfalt von Kombinationen auftreten können. Auch hier sollen im Sinne der Eindeutigkeit die Ströme im massgebenden Betriebszustand als oberwellenfrei angenommen werden.

Massgebend ist grundsätzlich der zulässige Dauerstrom, welcher in Anhang 1 Ziffer 13 NISV als thermischer Grenzstrom bezeichnet wird. Dies ist der höchste Strom, mit dem ein Leitungsseil bzw. Kabel bei den spezifizierten Umweltbedingungen belastet werden darf, ohne dass die Leitertemperatur die werkstofftechnisch zulässige Grenze überschreitet. Die relevanten Umweltbedingungen sind in Anhang 1 Ziffer 13 NISV mit der Temperaturangabe von 40 °C nur ansatzweise spezifiziert. Es wird daher empfohlen, auf bestehende technische Normen für den zulässigen Dauerstrom zurückzugreifen:

- Für Freileitungen sind dies Leitsätze von electrosuisse[8], die seit langem die Grundlage für die Dimensionierung von Leitern darstellen. Diese technische Norm geht von einer Umgebungstemperatur von 40 °C und gleichzeitigem Wind mit einer Geschwindigkeit von 0.5 m/s aus. Eine Auswahl für verschiedene gebräuchliche Leitermaterialien und -querschnitte findet sich in Anhang 4. Für andere Querschnitte oder Leitermaterialien muss der thermische Grenzstrom für die genannten Umweltbedingungen im Einzelfall berechnet und nachvollziehbar dokumentiert werden.
- Bei Kabelleitungen, die im Boden verlegt werden, hängt der zulässige Dauerstrom nicht nur vom Leitungsmaterial und -querschnitt, sondern von weiteren Faktoren wie der jeweiligen Verlegeart, Bodenbeschaffenheit und Betriebsart ab. Massgebend ist der vom Hersteller spezifizierte zulässige Dauerstrom, welchen dieser gestützt auf die Vorgaben des Anwenders und die Norm IEC 60287 für den jeweiligen Anwendungsfall ermittelt.

Anhang 1 Ziffer 13 Absatz 2 NISV eröffnet zusätzlich die Möglichkeit, als massgebenden Strom im Einzelfall einen niedrigeren als den thermischen Grenzstrom festzulegen. Solche Begrenzungen können physikalisch oder nicht-physikalisch begründet sein.

Physikalische Begrenzungen sind durch die installierte Hardware bedingt. Beispiele sind:

- Leitungsstränge, deren maximaler Strom entweder durch einen Erzeuger (Kraftwerk) oder durch direkt an sie angeschlossene Verbraucher (z.B. Transformatoren) begrenzt wird. In diesem Fall kann für die Festlegung des massgebenden Stroms die Summe der Nennleistungen aller Generatoren bzw. Verbraucher zugrunde gelegt werden, selbst wenn der Leiterquerschnitt einen höheren thermischen Grenzstrom zulässt.
- Ein Leitungsabschnitt in einer längeren Leitung, der bezüglich des Leiterquerschnitts stärker dimensioniert ist als der Rest der Leitung (z.B. Dreier- statt Zweierbündel bei einer Freileitung zur Lärmverminderung; Kombination von Frei- und

[8] SEV 198:1952 und 198/A1:1960: Leitsätze für die zulässige Dauerstrombelastung von Leitungsseilen.

Kabelleitung). In diesem Fall gilt als massgebender Strom der thermische Grenzstrom für den am schwächsten dimensionierten Leitungsabschnitt.

Nicht-physikalische Begrenzungen sind nicht durch die Hardware, sondern betrieblich bedingt. Es handelt sich um eine Selbstbeschränkung der verfügbaren Übertragungskapazität durch den Anlageinhaber. Eine solche kommt für Leitungsstränge in Frage, welche aufgrund ihrer Funktion im Leitungsnetz im Normalbetrieb immer unter dem thermischen Grenzstrom betrieben werden. In diesem Fall kann der Anlageinhaber im Standortdatenblatt bzw. im Rahmen der Sanierungsabklärung als massgebenden Strom einen Wert deklarieren, der im Normalbetrieb der Leitung nicht überschritten wird. Dieser ist als 98 Perzentilwert der Stundenmittelwerte eines Jahres zu verstehen.[9]

Sowohl physikalisch als auch nicht-physikalisch begründete Strombegrenzungen sollen nur dann beantragt und bewilligt werden, wenn sichergestellt ist, dass sie auf lange Dauer eingehalten werden können. Sie sind im Standortdatenblatt bzw. im Meldeformular «Sanierungsabklärung für eine alte Hochspannungsleitung» festzuhalten und bilden Bestandteil der auf diesen Unterlagen basierenden Verfügungen. Auch wenn die Plangenehmigungsbehörde die Durchführung der Sanierung nur zur Kenntnis nimmt, soll sie eine allfällige Strombegrenzung in geeigneter Weise festhalten.

2.4.2 Massgebende Lastflussrichtungen

Bei Anlagen, die mehr als einen Leitungsstrang gleicher Frequenz umfassen, gehören zur Definition des massgebenden Betriebszustands auch die Lastflussrichtungen. Letztere werden für die Modellierung der magnetischen Flussdichte (Kapitel 8.1.4) und für die Ermittlung der optimalen Phasenbelegung (Kapitel 8.4) benötigt. Selbst wenn die Energie im realen Betrieb nicht immer in die gleiche Richtung fliesst, beschränkt man sich für die NIS-Beurteilung der Einfachheit halber auf eine der beiden Lastflussrichtungen, und zwar auf diejenige, die die magnetische Flussdichte im Langzeitmittel besser repräsentiert. Anhang 1 Ziffer 13 Absatz 1 Buchstabe b NISV geht davon aus, dass diese massgebende Lastflussrichtung für jeden Leitungsstrang individuell aufgrund der zeitlichen Dominanz (die am häufigsten vorkommende Lastflussrichtung) bestimmt werden kann. Dieses einfache Vorgehen ist in vielen Fällen sachgerecht und ausreichend, insbesondere dann, wenn die Energie überwiegend in die gleiche Richtung fliesst. Sobald jedoch periodische oder unregelmässige Richtungswechsel von nennenswerter Dauer vorkommen, reicht es nicht mehr, jeden Leitungsstrang einzeln zu behandeln. In diesem Fall müssen jeweils zwei Leitungsstränge als Paar kombiniert betrachtet werden. Zu berücksichtigen ist dabei die zeitliche Korrelation der Lastflussrichtungen auf beiden Strängen, also ob der Lastfluss mehrheitlich gleichsinnig oder gegenläufig ist. Zusätzlich ist es angezeigt, dabei die Perioden mit hoher Auslastung stärker zu gewichten, weil diese auch die magnetische Flussdichte stärker bestimmen. Hintergrundinformationen mit Beispielen finden sich in Anhang 5. Ohne diese kombinierte Betrachtungsweise ist nicht gewährleistet, dass die magnetische Flussdichte bei der resultierenden «optimalen» Phasenbelegung tatsächlich minimiert wird. Es könnte

[9] Dies bedeutet, dass 98 % der Stundenmittelwerte eines Jahres unter dem festgelegten massgebenden Strom liegen müssen.

sich bei gewissen Betriebsverläufen gerade das Gegenteil, also eine unbeabsichtigte Erhöhung des Langzeitmittels der magnetischen Flussdichte, ergeben.

Im Folgenden, inklusive dem Standortdatenblatt (Anhang 1) und dem Meldeformular «Sanierungsabklärung für eine alte Hochspannungsleitung» (Anhang 2) wird deshalb stets mit der massgebenden *Kombination* der Lastflussrichtungen eines Paars von Leitungssträngen operiert. Dabei gilt folgendes:

- Es werden drei verschiedene Kombinationen der Lastflussrichtungen zweier Leitungsstränge unterschieden.
  - Lastflüsse gleichsinnig
  - Lastflüsse gegenläufig
  - Lastflussrichtungen ungekoppelt, d.h. gleichsinniger und gegenläufiger Betrieb sind ungefähr gleich stark vertreten. Dies kann bei Leitungssträngen mit umkehrenden Lastflussrichtungen vorkommen, die unabhängig voneinander betrieben werden, insbesondere zwischen Leitungssträngen unterschiedlicher Spannungsebene.

  Bei der Planung einer Leitung muss die massgebende Kombination der Lastflussrichtungen aufgrund der Kenntnisse über die Funktion der geplanten Leitung im Netz geschätzt oder anhand von simulierten Lastverläufen mit dem statistischen Analyseverfahren gemäss 8.6.2 bestimmt werden. Wenn bereits Betriebsdaten vorliegen, erlaubt die statistische Analyse gemäss 8.6.2 eine eindeutige Fallunterscheidung.
- Zwischen zwei Leitungssträngen unterschiedlicher Frequenz (50 Hz und 16.7 Hz) ist die Kombination der Lastflussrichtungen für die NIS-Beurteilung nicht von Belang. Der Effektivwert der magnetischen Flussdichte ist in diesem Fall unabhängig von der gegenseitigen Phasenlage der beiden verschieden frequenten Felder und der gewählten Phasenbelegung.
- Bei Anlagen mit mehr als zwei Leitungssträngen gleicher Frequenz wird die massgebende Kombination der Lastflussrichtungen für jedes Paar von Leitungssträngen geschätzt oder berechnet.

Prognosen der Lastflussrichtungen bzw. Auswertungen der realen Betriebsverhältnisse sollen sich in der Regel auf den Zeitraum eines ganzen Jahres beziehen.

2.4.3 Massgebender Leiterdurchhang von Freileitungen

Der dritte Parameter, der den massgebenden Betriebszustand einer Freileitung definiert, ist die Höhe der Leiter über Boden. Der Leiterdurchhang bzw. die Höhe der Leiter über Boden hängen von der Leitertemperatur und damit von den aktuellen Betriebs- und Wetterbedingungen ab. Massgebend für die NIS-Beurteilung sind die genehmigten oder zur Genehmigung vorgelegten Längenprofile. Der in diesen Längenprofilen eingetragene minimale Bodenabstand der Leiter muss den Sicherheitsanforderungen der Elektrizitätsgesetzgebung[10] genügen.

[10] Art. 19 LeV bzw. die alte Starkstromverordnung vom 7.7.1933 für Leitungen, die vor dem Inkrafttreten der LeV genehmigt wurden.

2.5 Neue und alte Anlagen

2.5.1 Generelles

Gemäss Artikel 3 Absätze 1 und 2 NISV gilt eine Anlage entweder als alt oder als neu. Diese Unterscheidung ist wichtig, da für neue und alte Anlagen unterschiedliche Anforderungen gelten.

Art. 3 NISV Begriffe

[1] Anlagen gelten als alt, wenn der Entscheid, der die Bauarbeiten oder die Aufnahme des Betriebs ermöglicht, bei Inkrafttreten dieser Verordnung rechtskräftig war.

[2] Anlagen gelten als neu, wenn:

a. der Entscheid, der die Bauarbeiten oder die Aufnahme des Betriebs ermöglicht, bei Inkrafttreten dieser Verordnung noch nicht rechtskräftig war;

b. sie an einen andern Standort verlegt werden; oder

c. sie am bisherigen Standort ersetzt werden; ...

Den Status «neu im Sinne der NISV» haben somit alle Leitungsabschnitte, die mit Plangenehmigungsdatum ab 1.2.2000 neu erstellt wurden oder werden. Sie behalten diesen Status während ihrer ganzen Lebensdauer, auch bei allfälligen späteren Anpassungen irgendwelcher Art. Alle anderen Leitungsabschnitte gelten im Sinne der NISV als «alt».[11]

Den Status «neu im Sinne der NISV» erhält grundsätzlich auch eine alte Anlage, wenn sie an einen anderen Standort verlegt oder am bisherigen Standort ersetzt werden soll (Art. 3 Abs. 2 Bst. b und c NISV). Hintergrund dieser Bestimmung ist die Absicht, Überschreitungen des Anlagegrenzwertes, welche bei alten Leitungen zulässig sind, nicht auf Dauer weiter bestehen zu lassen. Solche Überschreitungen sollen dann behoben werden, wenn dies technisch und betrieblich möglich und wirtschaftlich tragbar ist. Nach Auffassung des Verordnungsgebers ist dies dann der Fall, wenn ein Abschnitt einer Leitung ohnehin ersetzt oder verlegt werden muss. Bei Freileitungen muss der Abschnitt dabei eine minimale Länge aufweisen, damit realistischerweise an vorher über dem AGW exponierten Orten mit empfindlicher Nutzung eine namhafte Reduktion der magnetischen Flussdichte möglich ist.

Wird nur ein kurzer Leitungsabschnitt verlegt oder ersetzt, dann erhält dadurch nur dieser Abschnitt den Status einer neuen Anlage, nicht auch die anschliessenden Lei-

[11] Einen Sonderfall stellen Rohrblöcke für Kabelleitungen dar, die auf Reserve erstellt wurden, aber noch leer sind. Massgebend dafür, ob es sich in diesem Fall um eine alte oder neue Anlage im Sinn der NISV handelt, ist nicht das Datum der Plangenehmigung für den elektrischen Teil der Kabelanlage, sondern dasjenige der Baubewilligung für den Rohrblock. Kabelanlagen in Rohrblöcken, welche vor 1.2.2000 bewilligt wurden, gelten somit im Sinne der NISV als alte Anlagen, auch wenn die Plangenehmigung für den elektrischen Teil erst nach 1.2.2000 rechtskräftig wurde oder wird.

tungsabschnitte, bei denen keine Anpassungen nötig sind. Ein lokal begrenztes Vorhaben soll nicht eine Kettenreaktion auf angrenzende Leitungsabschnitte auslösen.

In Anhang 7 ist der Status gemäss NISV (neue Anlage, alte Anlage, Änderung einer alten Anlage) für die häufigsten Arten von Anpassungen zusammengestellt.

2.5.2 Verlegung einer alten Anlage an einen anderen Standort

Bei *Freileitungen* soll Artikel 3 Absatz 2 Buchstabe b NISV erst dann angewendet werden, wenn die alte Anlage auf einer Länge von mindestens drei zusammenhängenden Spannweiten das bisherige Trasse verlässt. Dies entspricht der Verschiebung von mindestens zwei aufeinander folgenden Masten aus der bisherigen Leitungsachse. Werden weniger als drei aufeinander folgende Spannweiten auf ein neues Trassee gelegt, dann behalten diese den Status einer «alten Anlage».

Bei *Kabelleitungen* ist Artikel 3 Absatz 2 Buchstabe b NISV dann anwendbar, wenn der Rohrblock oder Kabelstollen auf einem neuen, vom bisherigen abweichenden Trassee neu erstellt wird.

2.5.3 Ersatz einer alten Anlage am bisherigen Standort

Bei *Freileitungen* soll Artikel 3 Absatz 2 Buchstabe c NISV erst dann angewendet werden, wenn mindestens zwei aufeinander folgende Gitter- oder Betonmasten inklusive ihre Fundamente vollständig ersetzt werden sollen. Als zu beurteilender Leitungsabschnitt gelten die Spannweiten zwischen den zu ersetzenden Masten sowie je eine anschliessende Spannweite ausserhalb.

Nicht anwendbar ist Artikel 3 Absatz 2 Buchstabe c NISV

- beim Ersatz von nur einem Gitter- oder Betonmast inklusive seinem Fundament
- beim Ersatz der Stangen einer Holzstangenleitung auf dem bisherigen Trassee
- beim Auswechseln von Leiterseilen

Bei *Kabelleitungen* ist Artikel 3 Absatz 2 Buchstabe c NISV dann anwendbar, wenn der Rohrblock oder Kabelstollen auf dem bisherigen Trassee ersetzt wird. Nicht anwendbar ist Artikel 3 Absatz 2 Buchstabe c NISV beim blossen Auswechseln von Kabeln in einem bestehenden Rohrblock oder Kabelstollen.

2.6 Änderung einer alten Anlage

Bauliche Anpassungen oder betriebliche Veränderungen einer Leitung können dazu führen, dass sich die magnetische Flussdichte gegenüber dem bewilligten Zustand verändert. Gemäss Artikel 11 NISV ist der Plangenehmigungsbehörde bei solchen Änderungen ein aktualisiertes Standortdatenblatt einzureichen. Anhang 1 Ziffer 12 NISV definiert solche Änderungen abschliessend. Sie werden im folgenden als «Änderungen im Sinn der NISV» bezeichnet und anhand von Beispielen erläutert. In Anhang 7 ist der Status gemäss NISV (neue Anlage, alte Anlage, Änderung einer alten Anlage) für die häufigsten Arten von Anpassungen zusammengestellt.

Anhang 1 NISV

...

12 Begriffe

...

[6] Als Änderung einer Anlage gilt die Änderung der Leiteranordnung, der Phasenbelegung oder des massgebenden Betriebszustandes.

2.6.1 Änderung der Leiteranordnung

Es handelt sich dabei insbesondere um:

- Änderung der Position der Aufhängepunkte der Leiter einer Freileitung
- Änderung des Leiterdurchhangs beim Ersatz von Leitern einer Freileitung
- Auflegen eines zusätzlichen Leitungsstrangs auf bestehende Masten
- Erweiterung einer bestehenden Kabelleitung durch Einzug von zusätzlichen Einleiterkabeln in bestehende, leere Rohre
- Entfernung oder langfristige Ausschaltung eines Leitungsstranges. Dadurch entfällt eine allenfalls vorher wirksame Kompensation des Magnetfeldes
- Erhöhung der Spannung einer Freileitung, wobei die Isolatoren und allenfalls die Mastausleger angepasst werden
- Erhöhung von Masten einer Freileitung auf bestehenden Fundamenten
- Errichtung einer neuen Leitung parallel zu einer alten Leitung in so geringem Abstand, dass beide zusammen als eine Anlage gelten (Kapitel 2.1.3)

2.6.2 Änderung des massgebenden Betriebszustandes

Eine Änderung des massgebenden Betriebszustandes liegt vor, wenn sich entweder die massgebenden Ströme oder die massgebende Kombination der Lastflussrichtungen gegenüber dem bewilligten Zustand ändern. Es handelt sich insbesondere um:

- Erhöhung des thermischen Grenzstroms (z.B. Ersatz der Phasenleiter einer Freileitung durch solche mit grösserem Querschnitt oder höherer zulässiger Betriebstemperatur; Erhöhung der Anzahl Seile pro Leiterbündel)
- Änderung der massgebenden Kombination der Lastflussrichtungen (Kapitel 2.4.2).

2.6.3 Änderung der Phasenbelegung

Änderungen der Phasenbelegung kommen insbesondere vor:

- bei der Sanierung alter Anlagen
- als Konsequenz einer Änderung der massgebenden Kombination von Lastflussrichtungen (Kapitel 2.4.2)
- im Rahmen einer grösserräumigen Optimierung der Phasenbelegung mehrerer Leitungen

2.6.4 Keine Änderungen im Sinne der NISV

Keine Änderung im Sinne der NISV stellen die folgenden Anpassungen an einer Leitung dar:

- Ersatz der Phasenleiter einer Freileitung durch solche mit gleichem thermischem Grenzstrom
- Ersatz von Kabeln einer Kabelleitung durch solche mit gleichem thermischem Grenzstrom
- Ersatz der Ausleger einer Freileitung bei unveränderter Position der Aufhängepunkte der Leiter
- Ersatz von Masten einer Freileitung auf den bestehenden Fundamenten bei unveränderter Position der Aufhängepunkte der Leiter
- Ersatz von Masten einer Holzmastenleitung auf dem bisherigen Trassee
- Verlegung oder Ersatz inklusive Fundamenten eines einzelnen Gitter- oder Betonmasts bei unveränderter Position der Aufhängepunkte der Leiter.
- Erhöhung der Spannung einer Freileitung ohne Änderung des thermischen Grenzstroms, der massgebenden Kombination von Lastflussrichtungen und der Position der Aufhängepunkte der Leiter
- Generell alle Unterhaltsarbeiten, die im massgebenden Betriebszustand die magnetische Flussdichte nicht verändern.

In diesen Fällen muss das Standortdatenblatt nicht aktualisiert werden. Im Zweifelsfall empfiehlt es sich, frühzeitig mit der Plangenehmigungsbehörde Kontakt aufzunehmen, wenn nicht eindeutig ist, ob ein geplantes Vorhaben als Änderung im Sinne der NISV einzustufen ist.

2.7 Orte mit empfindlicher Nutzung (OMEN)

Orte mit empfindlicher Nutzung sind in Artikel 3 Absatz 3 NISV wie folgt definiert:

Art. 3 NISV Begriffe

...

[3] Als Orte mit empfindlicher Nutzung gelten:

a. Räume in Gebäuden, in denen sich Personen regelmässig während längerer Zeit aufhalten;

b. öffentliche oder private, raumplanungsrechtlich festgesetzte Kinderspielplätze;

c. diejenigen Flächen von unüberbauten Grundstücken, auf denen Nutzungen nach den Buchstaben a und b zugelassen sind.

«Räume in Gebäuden, in denen sich Personen regelmässig während längerer Zeit aufhalten» sind beispielsweise

- Wohnräume
- Schulräume und Kindergärten[12]
- Spitäler, Alters- und Pflegeheime[12]
- Ständige Arbeitsplätze. Als ständiger Arbeitsplatz gilt gemäss Definition des Staatssekretariats für Wirtschaft SECO[13] ein Arbeitsbereich, wenn er während mehr als 2½ Tagen pro Woche durch einen Arbeitnehmer bzw. eine Arbeitnehmerin oder auch durch mehrere Personen nacheinander besetzt ist. Dieser Arbeitsbereich kann auf einen kleinen Raumbereich begrenzt sein oder sich über den ganzen Raum erstrecken. Darunter fallen auch Bereiche in Tierställen, an denen regelmässig während mindestens 20 Stunden pro Woche gearbeitet wird.

Den raumplanungsrechtlich festgesetzten Kinderspielplätzen gleichzustellen sind Pausenplätze von Kindergärten und Schulhäusern, soweit sie wie Kinderspielplätze genutzt werden.

Im Einzelnen gilt folgender Bereich als empfindliche Nutzung:

- Innenräume, mit Ausnahme der ständigen Arbeitsplätze:
  0.2 bis 2 m über dem Fussboden, mindestens 0.2 m ab Wänden
- Ständige Arbeitsplätze in Innenräumen:
  0.5 bis 2 m über dem Fussboden, mindestens 0.2 m ab Wänden
- Kinderspielplätze: 0.2 bis 2 m über dem Boden

[12] Ohne Nebenräume wie Abstellräume, Keller etc., die nicht für längerfristigen Aufenthalt von Personen geeignet sind.

[13] seco: «Arbeit und Gesundheit – Wegleitung zu den Verordnungen 3 und 4 zum Arbeitsgesetz», 315–5; Bern, Dezember 1999.

Unüberbaute, eingezonte Grundstücke, auf denen empfindliche Nutzungen zulässig sind, werden so behandelt, als wären die Gebäude bereits errichtet. Besteht noch keine Planung, so gilt das gesamte baurechtlich zulässige Volumen als OMEN.

Artikel 3 Absatz 3 NISV lässt offen, wie Nutzungsreserven in bestehenden Gebäuden oder auf bereits bebauten Grundstücken zu behandeln sind. Diesbezüglich wird empfohlen, die zum Zeitpunkt der Beurteilung vorliegende Nutzung von Gebäuden und Grundstücken zu Grunde zu legen. Geplante Nutzungserweiterungen, z.B. Dachausbauten, Anbauten oder Gebäudeerhöhungen, sollen für den Entscheid über eine Leitung dann berücksichtigt werden, wenn entsprechende Projekte im Baubewilligungsverfahren bereits öffentlich aufgelegt sind. Sollten auf teilweise bebauten Grundstücken zu einem späteren Zeitpunkt Nutzungserweiterungen realisiert werden und dadurch neue OMEN entstehen, dann gelten die für die jeweilige Leitung anwendbaren vorsorglichen Emissionsbegrenzungen (Kapitel 3.1) auch an diesen neuen OMEN. Gegebenenfalls muss auf den Zeitpunkt der Realisierung neuer OMEN eine neue NIS-Beurteilung vorgenommen und die Leitung wenn nötig angepasst werden.

2.8 Orte für den kurzfristigen Aufenthalt (OKA)

Es handelt sich um diejenigen Orte, die für Menschen zugänglich sind und die nicht als Orte mit empfindlicher Nutzung (Kapitel 2.7) gelten. An den OKA sind nur die Immissionsgrenzwerte einzuhalten, vorsorgliche Emissionsbegrenzungen gelten dort, im Gegensatz zu den OMEN, nicht.

Beispiele für OKA im Innern von Gebäuden sind:

- Autogaragen und -einstellplätze
- Treppenhäuser
- Nichtständige Arbeitsplätze
- Lager- und Archivräume
- Kirchen, Konzert- und Theatersäle

Im Freien gelten alle Bereiche als OKA, die für Menschen zugänglich sind. Nicht als zugänglich gelten Bereiche, die durch Zäune oder Ketten abgesperrt und mit Warnhinweisen versehen sind. Ebenfalls als nicht zugänglich sind Bereiche in unwegsamem Gelände, insbesondere im Gebirge, zu betrachten.

Beispiele von OKA im Freien sind:

- Landwirtschaftsgebiet
- Strassen und Trottoirs
- Gärten
- Balkone und Dachterrassen
- Campingplätze
- Sport- und Freizeitanlagen sowie Badeanstalten
- Aussichtsterrassen

2.9 Untersuchungs- und Legitimationsperimeter

2.9.1 Untersuchungsperimeter

Der Untersuchungsperimeter ist ein Korridor beidseits einer Frei- oder Kabelleitung. Er dient einerseits dazu, diejenigen OMEN zu identifizieren, die im Standortdatenblatt detailliert zu dokumentieren sind. Andererseits gibt er einen Anhaltspunkt für den bei der Ausscheidung neuer Bauzonen (Kapitel 7) einzuhaltenden Abstand von einer Leitung.

Die Ausdehnung des Untersuchungsperimeters ist so bemessen, dass der Anlagegrenzwert von 1 μT im massgebenden Betriebszustand (Kapitel 2.4) in seinem Innern grundsätzlich erreicht oder überschritten sein kann[14]. Sie wird nach dem Verfahren von Kapitel 8.5.2 bestimmt.

2.9.2 Legitimationsperimeter

Der Legitimationsperimeter ist – wie der Untersuchungsperimeter – ein Korridor beidseits einer Frei- oder Kabelleitung. Er ist breiter als der Untersuchungsperimeter und dient dazu, zu entscheiden, ob ein Anwohner oder Grundeigentümer – in Bezug auf die NIS-Belange – zur Einsprache oder Beschwerde in Plangenehmigungs- oder Sanierungsverfahren berechtigt ist (Kapitel 4.1). Die Ausdehnung des Legitimationsperimeters und damit der Kreis der Legitimierten bleiben unverändert, auch wenn im Lauf der Zeit die Phasenbelegung angepasst werden muss oder sich die massgebende Kombination der Lastflussrichtungen ändern sollte. Für Details zur Bestimmung des Legitimationsperimeters siehe Kapitel 8.5.1.

[14] Eine Überschreitung tritt dabei unter Umständen nicht am Boden, sondern erst in grösserer Höhe auf.

3 > Anforderungen

In diesem Kapitel werden die konkreten Anforderungen der NISV wiedergegeben, soweit sie für Hochspannungsleitungen in der Praxis relevant sind.

3.1 Vorsorgliche Emissionsbegrenzungen

3.1.1 Neue Anlagen

Neue Anlagen[15] müssen im massgebenden Betriebszustand an Orten mit empfindlicher Nutzung den Anlagegrenzwert (AGW) von 1 μT einhalten (Anh. 1 Ziff. 15 NISV). Zum Nachweis der Einhaltung reicht der Anlageinhaber der Plangenehmigungsbehörde ein Standortdatenblatt ein (Anhang 1). Ist für das Projekt eine Umweltverträglichkeitsprüfung (UVP) durchzuführen, dann ist das Standortdatenblatt Bestandteil des UVP-Berichts in der Hauptuntersuchung.

Ist die Einhaltung des AGW nicht an allen OMEN möglich, dann bewilligt die Plangenehmigungsbehörde auf Gesuch des Anlageinhabers eine Ausnahme, wenn dieser die Nachweise gemäss Kapitel 3.1.4 erbringt.

3.1.2 Alte Anlagen

Bei alten Anlagen[15] muss die Phasenbelegung optimiert werden, falls im massgebenden Betriebszustand an einem oder mehreren OMEN der AGW überschritten ist (Anh. 1 Ziff. 16 Abs. 1 NISV).

Anhang 1 NISV

16 Alte Anlagen

[1] Überschreitet die von der Anlage erzeugte Strahlung im massgebenden Betriebszustand an Orten mit empfindlicher Nutzung den Anlagegrenzwert, so ist die Phasenbelegung so zu optimieren, dass die magnetische Flussdichte an diesen Orten minimiert wird.

[15] Für die Definition der Begriffe «alte und neue Anlage» siehe Kapitel 2.5

Wenn die Phasenbelegung bereits optimal ist oder nicht optimiert werden kann (bei einsträngigen Leitungen sowie bei zweisträngigen mit ungekoppelten Lastflussrichtungen (Kapitel 2.4.2)), dann sind keine weiteren Massnahmen verlangt. Insbesondere muss eine alte Anlage an OMEN weder im massgebenden Betriebszustand noch im tatsächlichen Betrieb den AGW einhalten. Kann sie dies auch nach durchgeführter Sanierung nicht, muss keine Ausnahme beantragt oder bewilligt werden.

Der Anlageinhaber klärt den Sanierungsbedarf[3] für seine alten Anlagen ab und gibt der Plangenehmigungsbehörde das Ergebnis mit dem Meldeformular «Sanierungsabklärung für eine alte Hochspannungsleitung» (Anhang 2) bekannt.

Nach Anhang 1 Ziffer 16 Absatz 2 NISV beträgt die Sanierungsfrist drei Jahre, wobei sie auf Gesuch hin auf 4½ Jahre verlängert werden kann, wenn die Sanierung innert drei Jahren wirtschaftlich nicht tragbar wäre (Art. 8 Abs. 1 NISV). Sie gilt ab dem Erlass der Sanierungsverfügung.

Art. 8 NISV Sanierungsfrist

[1] Die Frist für die Durchführung der vorsorglichen Emissionsbegrenzungen richtet sich nach den Vorschriften von Anhang 1. Enthält Anhang 1 keine Vorschriften, so gilt eine Frist von höchstens fünf Jahren. Die Behörde kann die Frist auf Gesuch hin um höchstens die Hälfte verlängern, wenn die Durchführung der Emissionsbegrenzungen innerhalb der ordentlichen Frist wirtschaftlich nicht tragbar wäre.

Anhang 1 NISV

16 Alte Anlagen

…

[2] Die Sanierungsfrist nach Artikel 8 Absatz 1 beträgt höchstens drei Jahre.

3.1.3 Änderung von Anlagen

Die NISV enthält für gewisse Anpassungen von bestehenden Anlagen (Kapitel 2.6.1 bis 2.6.3) explizite Anforderungen. Bei solchen Änderungen ist der Plangenehmigungsbehörde ein Standortdatenblatt gemäss Anhang 1 einzureichen, auf dem die Einhaltung der jeweils anwendbaren Bestimmungen nachgewiesen wird. Bei anderen Änderungen bestehender Anlagen, welche die magnetische Flussdichte nicht beeinflussen (Kapitel 2.6.4), ist kein NIS-Nachweis erforderlich.

Bezüglich der Anforderungen ist zu unterscheiden, ob es sich bei der zu ändernden Leitung um eine im Sinne der NISV *neue* oder *alte* Anlage handelt[15].

3.1.3.1 Änderung einer neuen Anlage

Wird eine neue Anlage nach ihrer Inbetriebnahme im Sinne der NISV geändert, gelten nach Artikel 6 NISV die gleichen Anforderungen, wie wenn sie neu erstellt würde.

Art. 6 NISV

Wird eine neue Anlage nach ihrer Inbetriebnahme im Sinne von Anhang 1 geändert, so gelten die Vorschriften über die Emissionsbegrenzung bei neuen Anlagen.

Das heisst: im massgebenden Betriebszustand muss an Orten mit empfindlicher Nutzung der Anlagegrenzwert (AGW) von 1 µT eingehalten werden. Zum Nachweis der Einhaltung reicht der Anlageinhaber der Plangenehmigungsbehörde ein Standortdatenblatt gemäss Anhang 1 ein. Ist für das Projekt eine Umweltverträglichkeitsprüfung (UVP) durchzuführen, dann ist das Standortdatenblatt Bestandteil des UVP-Berichts in der Hauptuntersuchung.

Ist die Einhaltung des AGW nicht an allen OMEN möglich, dann bewilligt die Plangenehmigungsbehörde auf Gesuch des Anlageinhabers eine Ausnahme, wenn dieser die Nachweise gemäss Kapitel 3.1.4 erbringt.

3.1.3.2 Änderung einer alten Anlage

Alte Anlagen, die im Sinne der NISV geändert werden, müssen die Anforderungen von Artikel 9 NISV erfüllen.

Art. 9 NISV Änderung alter Anlagen

[1] Wird eine alte Anlage im Sinne von Anhang 1 geändert, so müssen im massgebenden Betriebszustand folgende Anforderungen erfüllt sein:

- *a. An Orten mit empfindlicher Nutzung, bei denen vor der Änderung der Anlagegrenzwert überschritten war, darf die magnetische Flussdichte beziehungsweise die elektrische Feldstärke[16] nicht zunehmen.*
- *b. An den anderen Orten mit empfindlicher Nutzung darf der Anlagegrenzwert nach Anhang 1 nicht überschritten werden.*

[2] Die Behörde bewilligt Ausnahmen nach Massgabe von Anhang 1.

[16] Die elektrische Feldstärke ist für die vorsorgliche Emissionsbegrenzung bei Leitungen nicht von Belang. Sie ist in Artikel 9 NISV im Hinblick auf Sendeanlagen aufgeführt, bei welchen der Anlagegrenzwert sich auf die elektrische Feldstärke bezieht.

Für zu ändernde alte Anlagen gilt somit der für neue Anlagen geltende Grundsatz nicht, dass der AGW an allen OMEN eingehalten werden muss.

Zum Nachweis der Einhaltung dieser Bestimmungen reicht der Anlageinhaber der Plangenehmigungsbehörde ein Standortdatenblatt gemäss Anhang 1 ein. Können die Bestimmungen nicht an allen OMEN eingehalten werden, dann bewilligt die Plangenehmigungsbehörde auf Gesuch des Anlageinhabers eine Ausnahme, wenn dieser die Nachweise gemäss Kapitel 3.1.4 erbringt.

Anhang 1 NISV

17 Änderungen alter Anlagen

Wird eine alte Anlage geändert, so bewilligt die Behörde Ausnahmen von den Anforderungen nach Artikel 9 Absatz 1, wenn der Inhaber der Anlage nachweist, dass die Bedingungen von Ziffer 15 Absatz 2 erfüllt sind.

Ist die Anlage gemäss Abklärung nach Kapitel 6.2 sanierungsbedürftig, die Sanierung jedoch noch nicht erfolgt, dann muss sie nach Artikel 18 Absatz 1 USG gleichzeitig mit der Änderung saniert, d.h. die Phasenbelegung muss optimiert werden. Als Referenzzustand für den Vergleich der magnetischen Flussdichte vor und nach der Änderung gilt die Phasenbelegung im (nicht sanierten) Ausgangszustand.

Art. 18 USG Umbau und Erweiterung sanierungsbedürftiger Anlagen

[1]Eine sanierungsbedürftige Anlage darf nur umgebaut oder erweitert werden, wenn sie gleichzeitig saniert wird.

...

Ein Sonderfall liegt vor, wenn die Änderung nur die Lastflussrichtungen, und als Konsequenz davon, die Phasenbelegung betrifft. Änderungen der Phasenbelegung sind zwar in der Definition von Änderungen explizit aufgeführt (Kapitel 2.6.3), sie kommen jedoch vorwiegend im Rahmen der Sanierung alter Leitungen vor. Dafür muss kein Standortdatenblatt eingereicht werden; es genügt das Meldeformular «Sanierungsabklärung für eine alte Hochspannungsleitung». Gleiches gilt, wenn bei einer bereits sanierten alten Leitung später infolge geänderter Lastflussrichtungen die Phasenbelegung erneut optimiert werden muss (nicht konformer Betrieb, Kapitel 3.1.5). Solange dies die einzige Anpassung ist, reicht auch hier das Meldeformular «Sanierungsabklärung für eine alte Hochspannungsleitung» aus. Bei neuen Leitungen hingegen ist der Plangenehmigungsbehörde grundsätzlich bei jeder Änderung im Sinn der NISV, also auch bei einer (nachträglichen) Änderung der Phasenbelegung, ein aktualisiertes Standortdatenblatt einzureichen.

3.1.4 Ausnahmen

Der Verordnungsgeber ging davon aus, dass die Einhaltung der vorsorglichen Emissionsbegrenzungen in der Regel technisch und betrieblich möglich und wirtschaftlich tragbar ist. Dies ist allerdings nicht in jedem Fall mit vertretbarem Aufwand möglich. Die NISV trägt diesem Umstand Rechnung, indem sie im Einzelfall die Gewährung von Ausnahmen vorsieht. Solche Ausnahmen sollen allerdings nicht zur Regel werden. Aus diesem Grund werden Ausnahmen stets nur projektbezogen bewilligt. Sie müssen durch den Anlageinhaber beantragt und begründet werden. Anhang 1 Ziffer 15 Absatz 2 NISV führt aus, welche Voraussetzungen erfüllt sein müssen und welche Nachweise dafür zu erbringen sind.

Anhang 1 NISV

15 Neue Anlagen

...

[2] Die Behörde bewilligt Ausnahmen, wenn der Inhaber der Anlage nachweist, dass:

a. die Phasenbelegung so optimiert ist, dass die magnetische Flussdichte ausserhalb des Leitungstrassees im massgebenden Betriebszustand minimiert wird; und

b. alle anderen Massnahmen zur Begrenzung der Strahlung, wie ein anderer Standort, eine andere Leiteranordnung, die Verkabelung oder Abschirmungen, die technisch und betrieblich möglich und wirtschaftlich tragbar sind, getroffen wurden.

Wer einen Antrag auf Ausnahmebewilligung stellt, muss daher nachweisen, dass die vorgesehene Phasenbelegung die optimale ist – sofern es überhaupt eine solche gibt -, und muss alle weiteren Massnahmen zur Reduktion des Magnetfeldes aufführen, die er zu ergreifen gedenkt. Zusätzlich sind weitere Reduktionsmassnahmen, inklusive andere Standorte (alternative Trassen) und andere Leiteranordnungen (z.B. höhere Masten, ein kompakteres Mastbild), zu evaluieren und es ist zu begründen, weshalb diese aus der Sicht des Antragstellers technisch/betrieblich nicht möglich oder wirtschaftlich nicht tragbar sind.

Wenn die Plangenehmigungsbehörde eine Ausnahme bewilligt hat, dann soll die betreffende Anlage nach ihrer Inbetriebnahme vertieft kontrolliert werden (Art. 12 Abs. 3 NISV).

Art. 12 NISV Kontrolle

...
[3] Wird wegen gewährter Ausnahmen der Anlagegrenzwert nach Anhang 1 bei neuen oder geänderten Anlagen überschritten, so misst die Behörde periodisch die von diesen Anlagen erzeugte Strahlung oder lässt diese messen. Sie kontrolliert innert sechs Monaten nach der Inbetriebnahme, ob:

a. die der Verfügung zugrunde liegenden Angaben über den Betrieb zutreffen; und
b. die verfügten Anordnungen befolgt werden.

Diese Kontrolle umfasst in der Regel die Aufzeichnung und Auswertung der Betriebsdaten gemäss Kapitel 8.6 sowie eine Abnahmemessung gemäss Kapitel 8.2 an einem dazu geeigneten Ort. Da die Abnahmemessung nur dazu dient, die Modellierung der magnetischen Flussdichte zu validieren, ist sie nicht an jedem von einer Ausnahme betroffenen OMEN erforderlich. Es genügt eine Abnahmemessung pro Unterabschnitt der Anlage (Zur Bedeutung der Unterabschnitte siehe Anhang 1, Kapitel A1-1).

3.1.5 Konformität des tatsächlichen Betriebs mit dem bewilligten massgebenden Betriebszustand

Die optimale Phasenbelegung, die Einhaltung des Anlagegrenzwertes sowie die Bewilligung von Ausnahmen beziehen sich stets auf den massgebenden Betriebszustand (Kapitel 2.4). Damit die getroffenen Emissionsbegrenzungen die beabsichtigte Wirkung – Minimierung der magnetischen Flussdichte im Langzeitmittel ausserhalb des Leitungstrassees – entfalten, muss sicher gestellt sein, dass der tatsächliche Betrieb der Leitung mit dem bewilligten massgebenden Betriebszustand konform ist. Ist dies nicht mehr der Fall, zum Beispiel weil sich die Funktion einer Leitung im Übertragungsnetz grundlegend geändert hat oder weil eine Prognose über die Lastflussrichtungen sich in der Realität in ihr Gegenteil verkehrt, muss der massgebende Betriebszustand neu festgelegt, gestützt darauf eine neue NIS-Beurteilung vorgenommen und wenn nötig die Phasenbelegung neu optimiert werden.

Nicht konform ist der Betrieb, wenn eines der folgenden Kriterien zutrifft:

- Bei Leitungssträngen, für die eine nicht-physikalisch begründete Strombegrenzung festgelegt wurde (Kapitel 2.4.1): wenn mehr als 2 Prozent der Stundenmittelwerte des Stromes grösser sind als der bewilligte, massgebende Strom.
- Bei einer Leitung mit zwei Strängen gleicher Frequenz: wenn die massgebende Kombination der Lastflussrichtungen im tatsächlichen Betrieb (bestimmt aufgrund der statistischen Analyse gemäss Kapitel 8.6) von derjenigen des bewilligten massgebenden Betriebszustandes abweicht (z.B. gegenläufig anstatt gleichsinnig; gleichsinnig anstatt ungekoppelt, etc.).

> Bei einer Leitung mit drei oder mehr Strängen gleicher Frequenz: wenn die massgebende Kombination der Lastflussrichtungen im tatsächlichen Betrieb bei mindestens einem Paar von Leitungssträngen (bestimmt aufgrund der statistischen Analyse gemäss Kapitel 8.6) von derjenigen des bewilligten massgebenden Betriebszustandes abweicht (z.B. gegenläufig anstatt gleichsinnig; gleichsinnig anstatt ungekoppelt, etc.).

Um die Konformität mit dem bewilligten massgebenden Betriebszustand nachzuweisen, muss der Anlageinhaber den tatsächlichen Betrieb der Leitungen aufzeichnen und auswerten. Die Plangenehmigungsbehörde legt im Einzelfall fest, ob dieser Nachweis zu erbringen ist.

3.2 Einhaltung der Immissionsgrenzwerte

Anhang 2 Ziffer 11 Absatz 1 NISV legt Immissionsgrenzwerte (IGW) für die elektrische Feldstärke und die magnetische Flussdichte fest (Tabelle 1). Diese müssen bei neuen und alten Anlagen eingehalten werden.

Tab. 1 > Immissionsgrenzwerte bei den Frequenzen der Elektrizitätsübertragung.

Frequenz	Immissionsgrenzwert für den Effektivwert der	
	elektrischen Feldstärke	magnetischen Flussdichte
16.7 Hz	10 000 V/m	300 µT
50 Hz	5 000 V/m	100 µT

Erfahrungsgemäss wird der IGW für die magnetische Flussdichte im zugänglichen Bereich bei keiner Leitung erreicht. Auf eine Einzelfallprüfung kann man daher grundsätzlich verzichten.

Potenziell erreicht oder überschritten werden kann der IGW für die elektrische Feldstärke bei 380 kV-Freileitungen sowie bei 220 kV-Freileitungen, die vor dem Inkrafttreten der Leitungsverordnung gestützt auf die alte Starkstromverordnung vom 7.7.1933 genehmigt wurden [17]. Bei den übrigen Freileitungen und bei sämtlichen Kabelleitungen wird der IGW für die elektrische Feldstärke im zugänglichen Bereich nicht erreicht, so dass bei diesen Leitungen auf eine Einzelfallprüfung verzichtet werden kann.

Massgebend ist der zeitlich höchste Effektivwert der elektrischen Feldstärke.

[17] Die alte Starkstromverordnung liess geringere Abstände der Leiter zum Boden zu als die auf den 1.6.1994 in Kraft getretene Leitungsverordnung.

Sind 50 Hz-Leitungsstränge mit solchen des Übertragungsnetzes der Eisenbahnen (16.7 Hz) kombiniert, dann ist der IGW nicht als Zahlenwert, sondern als Summenbedingung formuliert (Anh. 2 Ziff. 221 NISV):

$$\frac{E_{50}}{5000} + \frac{E_{16.7}}{10000} \leq 1 \qquad (1)$$

wobei E_{50} und $E_{16.7}$ die Effektivwerte der elektrischen Feldstärke in V/m für die Frequenzen 50 bzw. 16.7 Hz bedeuten. Massgebend ist hier der zeitlich höchste Wert des Summenausdrucks (1).

Der IGW muss jederzeit an allen Orten für den kurzfristigen Aufenthalt (OKA, Kapitel 2.8) und an allen Orten mit empfindlicher Nutzung (OMEN, Kapitel 2.7) eingehalten werden. Kritisch sind erfahrungsgemäss nur OKA im Freien, direkt unter einer Leitung, an der Stelle mit kleinstem Abstand der Leiter vom Boden. Als Höhe für die Beurteilung gilt 1 m über Boden.

Für neue Anlagen und bei Änderungen von Anlagen weist der Anlageinhaber die Einhaltung des IGW im jeweiligen Standortdatenblatt nach. Ist für das Projekt eine Umweltverträglichkeitsprüfung (UVP) durchzuführen, dann ist das Standortdatenblatt Bestandteil des UVP-Berichts in der Hauptuntersuchung.

Auch alte Anlagen müssen den IGW einhalten. Ist dies nicht der Fall, so bestimmt sich die Dringlichkeit der Sanierung nach Massgabe der Stärke und Häufigkeit von Belästigungen bei der Berührung metallischer Gegenstände. Die Einleitung eines Sanierungsverfahrens ist dann angezeigt, wenn unter einer Leitung erhebliche Belästigungen auftreten sollten (Kapitel 1.2).

3.3 Ausscheidung neuer Bauzonen

Artikel 16 NISV legt die Anforderungen fest, die bei der Ausscheidung neuer Bauzonen zu beachten sind.

Art. 16 NISV

Bauzonen dürfen nur dort ausgeschieden werden, wo die Anlagegrenzwerte nach Anhang 1 von bestehenden und raumplanungsrechtlich festgesetzten geplanten Anlagen eingehalten sind oder mit planerischen oder baulichen Massnahmen eingehalten werden können.

Während die vorsorglichen Emissionsbegrenzungen gemäss Anhang 1 NISV das Ziel haben, das Magnetfeld bei bereits bestehenden OMEN in Grenzen zu halten, bezweckt Artikel 16, gar keine neuen OMEN in Leitungsnähe entstehen zu lassen. Bei kaum einer anderen Anlageart, die in der NISV geregelt sind, ist diese Bestimmung so wichtig wie bei den Hochspannungs-Freileitungen und -Kabeln. Die Einhaltung des Anlagegrenzwertes kann unter Umständen einen Abstand zur Leitung von bis zu hundert Metern erfordern und stellt somit eine für die Raumplanung relevante Vorgabe dar.

Artikel 16 NISV macht zwar keine Aussage darüber, auf welchen Betriebszustand der Anlage sich die Einhaltung des Anlagegrenzwertes bezieht. Aus Gründen der einheitlichen Sachverhaltsfeststellung soll aber wie bei der Erstellung einer neuen Leitung grundsätzlich auf den massgebenden Betriebszustand (Kapitel 2.4) abgestellt werden.

Raumplanungsrechtliche Festsetzungen von geplanten Anlagen finden sich in Plänen nach dem Raumplanungsgesetz (RPG), insbesondere im Sachplan Übertragungsleitungen (SÜL) des Bundes (für Höchstspannungsleitungen) oder im kantonalen Richtplan.

Bei den in Artikel 16 NISV erwähnten planerischen Massnahmen handelt es sich im Wesentlichen um Nutzungseinschränkungen. So ist es beispielsweise zulässig, eine neue Bauzone bei einer bestehenden Leitung auszuscheiden, obschon auf einem Teil der Parzelle der Anlagegrenzwert überschritten sein wird. In diesem Fall muss durch Nutzungseinschränkungen von Anfang an sichergestellt werden, dass in dem Bereich, in dem der AGW überschritten ist, keine Orte mit empfindlicher Nutzung entstehen. Man könnte in diesem Teil der Bauzone beispielsweise Garagen, Archivräume, Parkplätze oder Grünflächen (ohne Kinderspielplätze) vorsehen.

Grundsätzlich anders ist die Sachlage, wenn eine Bauzone angrenzend an eine Leitung beim Inkrafttreten der NISV bereits rechtmässig ausgeschieden war. Für solche Parzellen macht die NISV – mangels gesetzlicher Grundlage im Umweltschutz- und Raumplanungsgesetz – keine Einschränkung an die zulässigen Bauten und sie statuiert keinerlei Pflicht zur Rückzonung. Aus Sicht der NISV darf auf einer solchen Parzelle ein Gebäude errichtet werden, selbst wenn darin der Anlagegrenzwert überschritten sein wird. Weder die Bauherrschaft noch der Leitungsinhaber müssen um eine Ausnahmebewilligung nachsuchen. Für den Inhaber der Leitung besteht einzig die Pflicht, die Phasenbelegung zu optimieren (Kapitel 3.1.2), eine Pflicht, die ohnehin gilt, da ja bereits die unüberbaute Parzelle als Ort mit empfindlicher Nutzung eingestuft wird. Selbstverständlich ist es wünschbar, auch in diesem Fall durch die geeignete Anordnung der Baute und der einzelnen Räume und allenfalls durch technische Massnahmen am neuen Gebäude die Magnetfeldbelastung an den neuen OMEN unter den Anlagegrenzwert zu reduzieren. Dies liegt jedoch allein in der Verantwortung der Bauherrschaft.

3.4 Mitwirkungs- und Meldepflicht des Anlageinhabers

Artikel 10 und 11 NISV legen die Mitwirkungs- und Meldepflichten des Inhabers gegenüber den Behörden fest:

Art. 10 NISV Mitwirkungspflicht

Der Inhaber einer Anlage ist verpflichtet, der Behörde auf Verlangen die für den Vollzug erforderlichen Auskünfte, namentlich Angaben nach Artikel 11 Absatz 2, zu erteilen. Nötigenfalls hat er Messungen oder andere Abklärungen durchzuführen oder zu dulden.

Art. 11 NISV Meldepflicht

[1] Der Inhaber einer Anlage, für die Anhang 1 Emissionsbegrenzungen festlegt, muss der Behörde im Bewilligungs- oder Konzessionsverfahren ein Standortdatenblatt einreichen, wenn die Anlage neu erstellt, an einen andern Standort verlegt, am bestehenden Standort ersetzt oder im Sinne von Anhang 1 geändert wird. Ausgenommen sind elektrische Hausinstallationen (Anh. 1 Ziff.4).

[2] Das Standortdatenblatt muss enthalten:

- *a. die aktuellen und geplanten technischen und betrieblichen Daten der Anlage, soweit sie für die Erzeugung von Strahlung massgebend sind;*
- *b. den massgebenden Betriebszustand nach Anhang 1;*
- *c. Angaben über die von der Anlage erzeugte Strahlung;*
  - *1. an dem für Menschen zugänglichen Ort, an dem diese Strahlung am stärksten ist*
  - *2. an den drei Orten mit empfindlicher Nutzung, an denen diese Strahlung am stärksten ist, und*
  - *3. an allen Orten mit empfindlicher Nutzung, an denen der Anlagegrenzwert nach Anhang 1 überschritten ist;*
- *d. einen Situationsplan, der die Angaben nach Buchstabe c darstellt.*

Ein wichtiges Instrument für die Meldung der NIS-relevanten Daten einer Leitung ist das Standortdatenblatt gemäss Artikel 11 Ziffer 2 NISV. Die empfohlene Vorlage und die Anleitung zum Ausfüllen finden sich in Anhang 1.

Der Inhaber der Anlage füllt das Standortdatenblatt aus und ist für die Richtigkeit der Angaben verantwortlich. Er reicht es der Plangenehmigungsbehörde ein, wenn eine Leitung neu erstellt (inklusive Verlegung oder Ersatz einer bestehenden Leitung gemäss den Kriterien von Kapitel 2.5.2 und 2.5.3) oder im Sinne der NISV geändert werden soll (Kapitel 2.6.1 bis 2.6.3). Zu den inhaltlichen Vorgaben können folgende Präzisierungen gemacht werden:

- Artikel 11 Absatz 2 Buchstabe c Ziffer 1 NISV (zugänglicher Ort, an dem die Strahlung am höchsten ist) bezieht sich auf die Einhaltung der Immissionsgrenzwerte (Kapitel 3.2). Eine Angabe im Standortdatenblatt ist nur erforderlich, wenn ein

IGW grundsätzlich erreicht oder überschritten werden kann. Dies ist für die magnetische Flussdichte generell auszuschliessen. Für die elektrische Feldstärke fallen sämtliche 380 kV-Freileitungen in Betracht sowie 220 kV-Freileitungen, deren Bodenabstände der alten Starkstromverordnung entsprechen. Anzugeben ist daher nur die elektrische Feldstärke bei den genannten Freileitungen, bei allen übrigen Leitungen gelten die IGW a priori als eingehalten und ein Nachweis im Einzelfall erübrigt sich.

> Artikel 11 Absatz 2 Buchstabe c Ziffern 2 und 3 NISV (Strahlung an Orten mit empfindlicher Nutzung) bezieht sich auf die vorsorglichen Emissionsbegrenzungen und betrifft deshalb nur die magnetische Flussdichte. Im Standortdatenblatt sollen sämtliche OMEN dokumentiert werden, die sich innerhalb des Untersuchungsperimeters gemäss Kapitel 8.5.2 befinden. Liegen im ganzen zu beurteilenden Leitungsabschnitt weniger als drei OMEN innerhalb des Untersuchungsperimeters, dann müssen keine weiteren einbezogen werden.

Bei Anpassungen einer Anlage, die nicht als Änderung im Sinne der NISV gelten (Kapitel 2.6.4) muss für den Bereich NIS keine Meldung an die Plangenehmigungsbehörde erfolgen.

Bei alten Anlagen, die unverändert weiterbetrieben werden, ist kein Standortdatenblatt erforderlich. Hingegen muss, sofern dies nicht bereits geschehen ist, der Sanierungsbedarf abgeklärt werden. Zu diesem Zweck kann die Plangenehmigungsbehörde vom Anlageinhaber die notwendigen Angaben und Abklärungen gestützt auf Artikel 10 NISV verlangen. Dafür ist das Meldeformular «Sanierungsabklärung für eine alte Hochspannungsleitung» (Anhang 2) vorgesehen. Auch allfällige zukünftige Änderungen des massgebenden Betriebszustandes einer alten Anlage, die keine baulichen Eingriffe erfordern[18], können der Plangenehmigungsbehörde mit diesem Meldeformular bekannt gegeben werden.

Die Mitwirkungspflicht nach Artikel 10 NISV umfasst auch die Registrierung und Auswertung der Betriebsdaten durch den Anlageinhaber gemäss Kapitel 8.6 sowie die Durchführung von Abnahmemessungen gemäss Kapitel 8.2. Beides kann von der Plangenehmigungsbehörde im Einzelfall angeordnet werden. Besondere Beachtung erfordern Neukonfigurationen eines Netzausschnittes. Wenn dadurch die Lastcharakteristik einer Leitung dauerhaft ändert, kann es sein, dass der neue Betriebszustand mit dem früher bewilligten, massgebenden Betriebszustand nicht mehr konform ist. Wird eine solche Nichtkonformität dauerhaft sein, dann soll der Anlageinhaber die Plangenehmigungsbehörde darüber unaufgefordert bereits vor der Betriebsumstellung informieren.

Bei der Ausscheidung neuer Bauzonen ist der Anlageinhaber gegenüber der kantonalen oder kommunalen Raumplanungsbehörde auskunftspflichtig. Die Information soll mit dem Meldeformular «Planungsabstand für neue Bauzonen bei einer Hochspannungsleitung» übermittelt werden (Anhang 3).

[18] Insbesondere die Änderung der massgebenden Kombination der Lastflussrichtungen.

4 > Rechte der Bevölkerung

4.1 Mitwirkung in Plangenehmigungs- und Sanierungsverfahren

Gemäss Artikel 6 des Bundesgesetzes über das Verwaltungsverfahren (VwVG) haben Personen, deren Rechte oder Pflichten eine Verfügung über eine Anlage berühren soll, Parteistellung. Als Partei können sie ihre Interessen durch Mitwirkung, insbesondere in Form der Einsprache oder Beschwerde, wahrnehmen. Sie haben auch das Recht auf Akteneinsicht.

Zur Einsprache und Beschwerde berechtigt sind jene Bevölkerungskreise, die mehr als die Allgemeinheit von der nichtionisierenden Strahlung einer Hochspannungsleitung betroffen sind. Die Legitimation wird mit Hilfe des Legitimationsperimeters, eines Korridors beidseits der Anlage, festgestellt (Kapitel 2.9.2). Dessen Breite wird gemäss Kapitel 8.5.1 bestimmt. Bezüglich der vorsorglichen Emissionsbegrenzung der Magnetfelder von elektrischen Leitungen sind Personen zur Einsprache und Beschwerde berechtigt, die sich längere Zeit an OMEN innerhalb dieses Legitimationsperimeters aufhalten, oder die Eigentümer von OMEN in diesem Perimeter sind.

Der Legitimationsperimeter darf nicht als Bereich einer Gefährdung interpretiert werden. Die magnetische Flussdichte innerhalb dieses Korridors ist zwar in der Regel höher als diejenige, der die Bevölkerung im allgemeinen ausgesetzt ist, sie liegt jedoch weit unterhalb der Schwelle, bei der schädliche Auswirkungen auf die Gesundheit und das Wohlbefinden wissenschaftlich anerkannt sind.

Bei der Erstellung neuer und der Änderung bestehender Anlagen können die Parteien ihre Rechte im Rahmen des Plangenehmigungsverfahrens wahrnehmen.

Bei der Sanierungsabklärung und der allfälligen Sanierung alter Anlagen gilt folgendes:

- Bei Anlagen, deren Inhaber im Moment der Überprüfung durch die Plangenehmigungsbehörde noch keine Sanierungsmassnahmen durchgeführt haben, richtet sich das Verfahren nach den Regeln des VwVG. Das heisst, dass zum Abschluss des Verfahrens eine Sanierungsverfügung von der Plangenehmigungsbehörde an den Betreiber der Anlage ergehen muss und den Parteien vor dem Erlass der Verfügung Gelegenheit zur Mitwirkung in diesem Verfahren gegeben wird. Sieht der Inhaber der Anlage im Rahmen der Sanierung auch bauliche Massnahmen vor, so wird ein Plangenehmigungsverfahren durchgeführt.

- In den Fällen, in denen der Leitungsinhaber eine Anlage ohne Sanierungsverfügung bereits freiwillig saniert hat, nimmt die Plangenehmigungsbehörde davon Kenntnis. Auf die Durchführung eines formellen Verfahrens und das nachträgliche Einreichen eines Meldeformulars «Sanierungsabklärung für eine alte Hochspannungsleitung» gemäss Anhang 2 kann verzichtet werden. Sollten Betroffene später eine anfechtbare Verfügung verlangen, wird für sie ein Verfahren nach den Regeln des VwVG durchgeführt.
- Es gibt Anlagen, die nicht saniert werden müssen, weil der Anlagegrenzwert eingehalten ist. Zudem können gewisse Anlagen technisch gar nicht saniert werden, etwa weil die Anlage nur aus einem Leitungsstrang besteht. In diesen Fällen kann die Plangenehmigungsbehörde auf ein formelles Verfahren verzichten. Sollten Betroffene eine anfechtbare Verfügung verlangen, wird für sie ein Verfahren durchgeführt.

4.2 Information über den Betrieb von Leitungen nach Abschluss eines Plangenehmigungs- oder Sanierungsverfahrens

Gemäss Artikel 47 Absatz 2 USG und dem für Bundesbehörden geltenden Öffentlichkeitsprinzip (BGÖ, in Kraft seit 1.7.2006) haben interessierte Personen ein Anrecht auf Informationen über den Betrieb von Anlagen, die bei den Behörden vorhanden sind, soweit dadurch das Fabrikations- und Geschäftsgeheimnis nicht verletzt wird.

Art. 6 BGÖ Öffentlichkeitsprinzip

[1] Jede Person hat das Recht, amtliche Dokumente einzusehen und von den Behörden Auskünfte über den Inhalt amtlicher Dokumente zu erhalten.

Art. 7 BGÖ Ausnahmen

[1] Der Zugang zu amtlichen Dokumenten wird eingeschränkt, aufgeschoben oder verweigert, wenn durch seine Gewährung:

...

g. Berufs-, Geschäfts- oder Fabrikationsgeheimnisse offenbart werden können.

Art. 47 USG Information und Schweigepflicht

...

[2] Die zuständigen Behörden können die Ergebnisse der Kontrolle von Anlagen und die Auskünfte nach Artikel 46 nach Anhören der Betroffenen veröffentlichen, wenn sie von allgemeinem Interesse sind. Auf Anfrage sind die Ergebnisse der Kontrolle bekanntzugeben, wenn nicht überwiegende Interessen entgegenstehen. Das Fabrikations- und Geschäftsgeheimnis bleibt in jedem Fall gewahrt.

Zuständig für den Zugang zu Informationen über den Betrieb einer Leitung ist die Plangenehmigungsbehörde, die über diese Informationen verfügt[19]. Wie weit solche Informationen öffentlich sind, richtet sich nach den Artikeln 6–9 BGÖ; das Verfahren für den Zugang zu solchen Informationen ist in den Artikeln 10–17 BGÖ geregelt.

Kein Geschäftsgeheimnis stellen die Ergebnisse von Abnahmemessungen (Kapitel 8.2) dar, welche die Plangenehmigungsbehörde angeordnet hat. Soweit sie auch eine Registrierung und Auswertung der Betriebsdaten (Kapitel 8.6) verfügt hat, gelten die daraus gewonnenen statistischen Kenngrössen ebenfalls nicht als Geschäftsgeheimnis.

[19] Es ist auch möglich und häufig zweckmässig, wenn der Anlageinhaber den interessierten Kreisen die gewünschte Information direkt abgibt. Wenn sich die Beteiligten jedoch über Art und Umfang der Auskünfte nicht einigen können, können diese bei der Plangenehmigungsbehörde eingeholt werden, soweit diese darüber verfügt.

5 > Vollzug der NISV bei der Erstellung und Änderung von Leitungen

5.1 Geltungsbereich

Die Ausführungen dieses Kapitels gelten für alle Vorhaben, bei denen eine Leitung neu erstellt, ersetzt, verschoben oder im Sinn der NISV geändert werden soll. Zu den Definitionen siehe Kapitel 2.5 sowie 2.6.1 bis 2.6.3.[20]

5.2 Standortdatenblatt

Der Inhaber der Anlage dokumentiert den massgebenden Betriebszustand und die NIS-Belastung im Standortdatenblatt und den dazugehörenden Beilagen. Die Vorlage für das Standortdatenblatt und eine detaillierte Anleitung zum Ausfüllen finden sich in Anhang 1.

5.3 Antrag auf Ausnahmebewilligung

Wenn die vorsorglichen Anforderungen der NISV an einem oder mehreren OMEN nicht eingehalten werden können (Ziffer 3.2 des Standortdatenblattes), dann muss der Gesuchsteller Antrag auf eine Ausnahmebewilligung stellen. Der Antrag muss begründet sein und es müssen weitere Massnahmen zur Reduktion des Magnetfeldes geprüft werden (Kapitel 3.1.4).

Ein Antrag auf Ausnahmebewilligung darf nicht aufgrund einer Grobabklärung (Zusatzblatt 1 zum Standortdatenblatt) gestellt werden. Als Grundlage ist die magnetische Flussdichte im betreffenden Unterabschnitt detailliert zu modellieren (Zusatzblatt 2 bzw. 3 zum Standortdatenblatt).

5.4 Prüfung und Genehmigung durch die Behörde

Die Plangenehmigungsbehörde prüft das Standortdatenblatt und einen allfälligen Antrag auf Ausnahmebewilligung. In der Plangenehmigung hält sie insbesondere den massgebenden Betriebszustand und allfällig bewilligte Ausnahmen fest. Wenn es sich

[20] Sie gelten auch, wenn der massgebende Betriebszustand einer nach dem 1.2.2000 genehmigten Leitung nachträglich neu festgelegt werden muss, ohne dass damit bauliche Massnahmen verbunden sind. Dies kann insbesondere dann eintreffen, wenn sich die Annahmen über die massgebende Kombination der Lastflussrichtungen im tatsächlichen Betrieb der Anlage nicht bestätigen.

nur um die Neufestlegung des massgebenden Betriebszustandes (Strombegrenzung; massgebende Kombination der Lastflussrichtungen) ohne bauliche Anpassungen handelt, kann die Behörde auf die Durchführung eines formellen Plangenehmigungsverfahrens verzichten. Die Rechte der Betroffenen sind dabei in gleichem Ausmass zu wahren wie bei der Sanierung einer alten Anlage (siehe Kapitel 4.1).

Wenn eine nicht-physikalisch begründete Strombegrenzung (Kapitel 2.4.1) festgelegt wird oder wenn über die massgebende Kombination der Lastflussrichtungen Unsicherheit besteht, dann verfügt die Plangenehmigungsbehörde eine Erfassung und Auswertung der Betriebsdaten und deren Meldung gemäss Kapitel 8.6.

Wenn eine Ausnahmebewilligung erteilt wird, dann verfügt die Plangenehmigungsbehörde eine Erfassung und Auswertung der Betriebsdaten gemäss Kapitel 8.6 sowie eine Abnahmemessung gemäss Kapitel 8.2 bei denjenigen Unterabschnitten, bei denen Ausnahmebewilligungen erteilt wurden. Die Abnahmemessung muss nicht an allen von Ausnahmen betroffenen OMEN durchgeführt werden. Es genügt pro Unterabschnitt eine Abnahmemessung an einem aussagekräftigen Messort.

5.5 Betrieb der Anlage

5.5.1 Erfassung der Betriebsdaten

Der Inhaber der Anlage erfasst die Betriebsdaten gemäss Kapitel 8.6 und meldet das Ergebnis der Plangenehmigungsbehörde, wenn

- sie dies in der Plangenehmigung verfügt hat oder
- sie dies nachträglich anordnet, weil Zweifel am bewilligungskonformen Betrieb der Leitung aufkommen.

Zeigt sich, dass der Betrieb der Anlage nicht konform mit dem in der Plangenehmigung festgehaltenen massgebenden Betriebszustand ist, dann fordert die Plangenehmigungsbehörde den Inhaber auf, das Standortdatenblatt zu aktualisieren. Insbesondere ist der neue massgebende Betriebszustand festzuhalten und die Modellierung der magnetischen Flussdichte zu wiederholen.

Ergibt die Modellierung für den neuen massgebenden Betriebszustand, dass die vorsorglichen Emissionsbegrenzungen an mehr OMEN nicht eingehalten sind als dies aufgrund der ursprünglichen Modellierung angenommen wurde, dann ist die Phasenbelegung für den neuen massgebenden Betriebszustand zu optimieren. Ist die Einhaltung der vorsorglichen Emissionsbegrenzungen an diesen OMEN auch dann nicht möglich, ist ein Antrag auf eine Ausnahmebewilligung (Kapitel 3.1.4) nachzureichen und zu begründen.

Die Plangenehmigungsbehörde hält den neuen massgebenden Betriebszustand sowie allfällig erteilte zusätzliche Ausnahmebewilligungen in einem Nachtrag zur Plangenehmigung fest.

5.5.2 Abnahmemessung

Der Inhaber der Anlage lässt durch eine akkreditierte Stelle eine Abnahmemessung gemäss Kapitel 8.2 durchführen, wenn

- die Plangenehmigungsbehörde dies in der Plangenehmigung verfügt hat, oder
- sie dies nachträglich anordnet, weil Zweifel an der Korrektheit des für die NIS-Modellierung verwendeten Leitungsmodells aufkommen.

Wird das Leitungsmodell durch die Messung bestätigt, reicht der Inhaber den Messbericht der Plangenehmigungsbehörde ein.

Ergibt sich hingegen eine unzulässige Diskrepanz zwischen den Ergebnissen der Modellierung und der Abnahmemessung, dann soll er für eine Bereinigung besorgt sein. Wenn nötig ist das Leitungsmodell anzupassen, die NIS-Modellierung für den massgebenden Betriebszustand mit dem korrigierten Leitungsmodell zu wiederholen und das Standortdatenblatt zu aktualisieren. Anschliessend reicht der Inhaber der Plangenehmigungsbehörde den Messbericht zusammen mit dem bereinigten Standortdatenblatt ein. Ergibt die Neumodellierung, dass die vorsorglichen Emissionsbegrenzungen an mehr OMEN nicht eingehalten sind als gemäss der ursprünglichen Modellierung, dann sind nachträglich alle zumutbaren Massnahmen zu ergreifen, um die magnetische Flussdichte an den neu betroffenen OMEN zu verringern. Können die vorsorglichen Anforderungen auch dann nicht eingehalten werden, ist ein Antrag auf eine Ausnahmebewilligung (Kapitel 3.1.4) nachzureichen und zu begründen.

Die Plangenehmigungsbehörde hält allfällig erteilte zusätzliche Ausnahmebewilligungen in einem Nachtrag zur Plangenehmigung fest.

6 > Vollzug der NISV bei alten Leitungen

6.1 Geltungsbereich

Die Ausführungen dieses Kapitels gelten für alte Leitungen gemäss der Definition in Kapitel 2.5.

Nicht anwendbar ist dieses Kapitel für alte Leitungen, die im Sinne der NISV geändert werden (siehe Kapitel 2.6 für nähere Ausführungen, um welche Änderungen es sich dabei handelt), sowie für alte Leitungen, die gemäss den Kriterien von Kapitel 2.5 verschoben oder ersetzt werden. In beiden Fällen richtet sich der Vollzug nach Kapitel 5.

6.2 Abklärung des Sanierungsbedarfs

Die Ausführungen dieses Kapitels dienen dazu festzustellen, ob eine alte Leitung die vorsorglichen Emissionsbegrenzungen (Kapitel 3.1.2) einhält. Nicht systematisch überprüft wird vorläufig, ob der Immissionsgrenzwert für die elektrische Feldstärke an allen zugänglichen Orten eingehalten ist. Wie in Kapitel 3.2 ausgeführt, werden Sanierungen bezüglich des elektrischen Feldes nicht als dringlich erachten und sind erst dann vorzunehmen, wenn unter einer Leitung erhebliche Belästigungen auftreten sollten.

Der Inhaber klärt ab, ob eine alte Leitung saniert werden muss. Es gibt fünf Gründe, weshalb eine alte Anlage nicht saniert werden kann oder nicht saniert werden muss:

- Es ist nur ein Leitungsstrang pro Frequenz vorhanden. Die Phasenbelegung ist in diesem Fall nicht relevant.
- Die Lastflussrichtungen zwischen den Leitungssträngen gleicher Frequenz sind ungekoppelt. In diesem Fall ist nicht entscheidbar, welche Phasenbelegung die optimale wäre.
- Die Phasenbelegung ist bereits optimiert.
- Der Anlagegrenzwert ist an allen OMEN eingehalten. Dieser Nachweis kann entweder durch Modellierung der magnetischen Flussdichte an den OMEN gemäss Kapitel 8.1 oder, für zweisträngige Leitungen, die die Voraussetzungen gemäss Kapitel 8.3.2 erfüllen, anhand des Richtabstandes (Kapitel 8.3) erbracht werden.
- Die Phasenbelegung ist nicht optimiert und der AGW überschritten. Der AGW kann jedoch ohne Änderung der Phasenbelegung eingehalten werden, wenn der massgebende Strom auf einen Wert unter dem thermischen Grenzstrom begrenzt wird.

Jeder einzelne der fünf Gründe ist für sich allein ausreichend. Es steht dem Anlageinhaber frei, den ihm am besten geeigneten Nachweis zu führen.

Wenn keiner der obgenannten Nachweise vorliegt, muss die Anlage saniert werden. In diesem Fall gibt es eine optimale Phasenbelegung, welche nicht der aktuellen entspricht. Ausserdem ist der AGW an OMEN überschritten und kann auch mit einer Strombegrenzung nicht eingehalten werden.

6.3 Meldeformular «Sanierungsabklärung für eine alte Hochspannungsleitung»

Der Inhaber der Anlage gibt der Plangenehmigungsbehörde das Ergebnis der Sanierungsabklärung mit dem Meldeformular «Sanierungsabklärung für eine alte Hochspannungsleitung» und den dazu gehörenden Beilagen bekannt. Das leere Meldeformular und eine detaillierte Anleitung zum Ausfüllen finden sich in Anhang 2.

Wenn die Phasenbelegung optimiert werden muss, macht der Inhaber der Anlage zuhanden der Plangenehmigungsbehörde einen Sanierungsvorschlag. Falls er eine an sich nötige Phasenoptimierung aus grösserräumigen Überlegungen (Kapitel 8.4.4) nicht als sinnvoll erachtet, begründet er dies nachvollziehbar.

6.4 Prüfung durch die Behörde

Die Plangenehmigungsbehörde prüft die Angaben des Anlageinhabers.

6.4.1 Keine Sanierung

Ist eine Sanierung nicht nötig, nicht möglich oder aus nachvollziehbaren Gründen nicht sinnvoll, dann nimmt die Plangenehmigungsbehörde dies zur Kenntnis. Die Anforderungen der NISV gelten dann als eingehalten. Die vom Anlageinhaber gemeldeten Angaben über den massgebenden Betriebszustand werden verbindlich festgehalten.

6.4.2 Sanierung

Ist eine Sanierung nötig, dann verfügt die Plangenehmigungsbehörde die Sanierung gestützt auf den Sanierungsvorschlag des Inhabers und sorgt dafür, dass die Betroffenen ihre Rechte wahrnehmen können (Kapitel 4.1). Bedingt die Sanierung ein Plangenehmigungs- und ein UVP-Verfahren, dann leitet die Plangenehmigungsbehörde diese ein.

In der Verfügung legt sie insbesondere den vom Inhaber gemeldeten massgebenden Betriebszustand und die Sanierungsfrist (siehe dazu Kapitel 3.1.2) fest.

Hat der Inhaber die Anlage bereits ohne behördliche Verfügung saniert, dann nimmt die Plangenehmigungsbehörde dies zur Kenntnis. Sie kann auf ein formelles Verfahren und auf die nachträgliche Einreichung eines Meldeformulars «Sanierungsabklärung für eine alte Hochspannungsleitung» gemäss Anhang 2 verzichten, wenn bei der Sanierung die Grundsätze der vorliegenden Vollzugshilfe beachtet wurden.

6.4.3 Erfassung der Betriebsdaten

Die Plangenehmigungsbehörde verfügt eine Erfassung der Betriebsdaten und deren Auswertung gemäss Kapitel 8.6, wenn

- der Anlageinhaber eine nicht-physikalisch begründete Strombegrenzung (Kapitel 2.4.1) beantragt
- über die massgebende Kombination der Lastflussrichtungen Unsicherheit besteht.

6.5 Betrieb der Anlage

Hat die Plangenehmigungsbehörde eine Erfassung und Auswertung der Betriebsdaten der Anlage verfügt, dann führt der Inhaber der Anlage diese gemäss Kapitel 8.6.4 durch und meldet das Ergebnis der Plangenehmigungsbehörde. Ergibt die Überwachung, dass der Betrieb der Anlage nicht (mehr) konform mit dem früher festgehaltenen massgebenden Betriebszustand ist, dann ist der neue massgebende Betriebszustand festzuhalten und es ist erneut zu überprüfen, ob die Phasenbelegung anzupassen ist.

7 > Ausscheidung neuer Bauzonen

Die Ausführungen dieses Kapitels gelten bei der geplanten Ausscheidung neuer Bauzonen neben einer bestehenden oder raumplanungsrechtlich festgesetzten, geplanten Hochspannungsleitung. Zu den raumplanungsrechtlichen Festsetzungen siehe Kapitel 3.3.

7.1 Ausscheidung neuer Bauzonen neben bestehenden Leitungen

Die für die Raumplanung zuständige Behörde des Kantons oder der Gemeinde informiert den Inhaber einer nahe gelegenen Hochspannungsleitung über die beabsichtigte Neueinzonung. Der Anlageinhaber füllt zu Handen der Planungsbehörde für die konkrete Situation ein Meldeformular «Planungsabstand für neue Bauzonen bei einer Hochspannungsleitung» gemäss Anhang 3 aus.

Das Meldeformular soll einerseits die relevanten technischen Daten der Anlage, andererseits als Beilage einen Übersichtsplan mit einem Korridor enthalten, innerhalb dessen der Anlagegrenzwert im massgebenden Betriebszustand der Leitung überschritten sein kann. Ausserhalb dieses Korridors ist gewährleistet, dass der Anlagegrenzwert im massgebenden Betriebszustand der Anlage in jeder Höhe über Boden eingehalten sein wird. Formal entspricht er dem Untersuchungsperimeter, der bei der Neuerstellung oder Änderung einer Anlage ermittelt wird (vgl. Kapitel 2.9.1 und 8.5.2).

Falls Bauzonen möglichst nahe an eine Leitung heran ausgeschieden werden oder Nutzungseinschränkungen festgelegt werden sollen, ist die magnetische Flussdichte in einem zweiten Schritt detailliert zu modellieren. Dabei sind die Topographie, die Höhe der Leiter über Boden und die beabsichtigte Höhe der Bauten auf der geplanten neuen Bauzone einzubeziehen. Dies muss in enger Zusammenarbeit zwischen der Planungsbehörde und dem Anlageinhaber geschehen.

7.2 Ausscheidung neuer Bauzonen neben geplanten Leitungen

Soweit bei der Festsetzung einer geplanten Leitung im SÜL oder im kantonalen Richtplan ein Korridor für deren Realisierung definiert wurde, ist dieser auch bei der Einzonung neuer Bauzonen zu respektieren. Wenn sich eine geplante Leitung jedoch bereits im Plangenehmigungsverfahren (PGV) befindet, das heisst die Linienführung, die Leiteranordnung und der massgebende Betriebszustand detailliert bekannt sind, richtet sich das Vorgehen nach Kapitel 7.1.

Ist kein Korridor festgelegt, so richtet sich das Vorgehen ebenfalls nach Kapitel 7.1, wobei der künftige Inhaber der geplanten Anlage plausible Annahmen über deren Betrieb machen muss.

8 > Berechnungs- und Messmethoden

8.1 Modellierung der magnetischen Flussdichte

8.1.1 Zweck

Es soll der Effektivwert der magnetischen Flussdichte für den massgebenden Betriebszustand (Kapitel 2.4) berechnet werden.

8.1.2 Verhältnis von Modellierung und Messung der magnetischen Flussdichte

Das Magnetfeld von elektrischen Leitungen kann mit Hilfe von Computerprogrammen modelliert oder mit geeigneten Messgeräten gemessen werden. Beide Methoden ergänzen sich und die kombinierte Anwendung verringert das Risiko von Fehlbestimmungen.

Die Modellierung hat allerdings gegenüber der Messung einen entscheidenden Vorteil: Sie kann auf jeden beliebigen Betriebszustand, insbesondere auch auf den massgebenden Betriebszustand (Kapitel 2.4) angewendet werden. Dies ist bei einer Messung nicht möglich, weil sich der Betrieb einer Leitung nur sehr beschränkt beeinflussen lässt. Man kann deshalb mit einer Messung nur eine Aussage für den gerade vorliegenden Betriebszustand machen.

Da sich die vorsorglichen Anforderungen der NISV bezüglich der magnetischen Flussdichte immer auf den massgebenden Betriebszustand beziehen, erhält die Modellierung Vorrang vor der Messung. Im Rahmen der Modellierung wird ein Satz von Inputdaten für das Berechnungsprogramm bereitgestellt, welche die Leitung geometrisch und elektrisch definieren. Diese Inputdaten werden im Folgenden als Leitungsmodell bezeichnet.

Eine Messung der magnetischen Flussdichte im realen Betrieb, kombiniert mit einer gleichzeitigen Bestimmung der Betriebsströme und Lastwinkel sowie der Lage des Messortes relativ zu den Leitern erlaubt dann einen quantitativen Vergleich mit der rechnerischen Voraussage und damit eine unabhängige Überprüfung und Validierung des Leitungsmodells. Eine solche Kombination aus Messung und Modellierung wird als Abnahmemessung bezeichnet. Sie ist im Detail in Kapitel 8.2 beschrieben. Bei ausreichender Übereinstimmung zwischen dem Ergebnis der Messung und Modellierung für den während der Messung vorliegenden Betriebszustand gelten das Leitungsmodell und damit auch die für den massgebenden Betriebszustand modellierte magnetische Flussdichte als validiert und damit als rechtsgenügend.

8.1.3 Ort für die Modellierung

Die magnetische Flussdichte ist in der Regel für Orte mit empfindlicher Nutzung zu modellieren. Für die Höhe über Boden und den Abstand von Wänden gelten die generellen Vorgaben gemäss Kapitel 2.7.

8.1.4 Modellierung für den massgebenden Betriebszustand

Die Modellierung der magnetischen Flussdichte erfolgt mit Computerprogrammen gemäss einschlägigen technischen Normen[21]. Infolge von Approximationen in diesen Programmen und der nachstehend beschriebenen Vereinfachungen sind die Ergebnisse nicht über den ganzen Intensitätsbereich der magnetischen Flussdichte gleich zuverlässig. Im Bereich des Anlagegrenzwertes von 1 µT und darüber sind sie ausreichend genau. Bei zunehmendem Abstand von einer Leitung jedoch – bei magnetischen Flussdichten deutlich unter 1 µT – nimmt auch die Unsicherheit des Modells zu. Eine detaillierte Ermittlung der Unsicherheit der Modellierung ist jedoch nur erforderlich, wenn sie im Rahmen einer Abnahmemessung durchgeführt wird. Dass die verwendeten Algorithmen korrekt funktionieren, kann dabei vorausgesetzt werden und ist vom Anwender nicht im Detail nachzuprüfen[22].

Zu berechnen ist der Effektivwert des Betrags des Vektors der magnetischen Flussdichte. Dieser setzt sich aus den Effektivwerten der magnetischen Flussdichte (B_x, B_y, B_z) in drei orthogonalen Raumrichtungen x, y und z wie folgt zusammen:

$$B = \sqrt{B_x^2 + B_y^2 + B_z^2} \qquad (2)$$

Die Phasenbeziehungen zwischen den drei orthogonalen Komponenten sind bei dieser Summierung nicht von Belang, da nicht der Spitzen-, sondern der Effektivwert zu bestimmen ist.

Ins Leitungsmodell werden folgende Grössen eingesetzt:

- für jeden Leitungsstrang: der massgebende Strom (Kapitel 2.4.1) inklusive Vorzeichen. Die Phasenströme innerhalb eines Leitungsstrangs werden als gleich hoch angenommen (symmetrische Last) und Oberwellen werden nicht einbezogen. Die Vorzeichen codieren die Lastflussrichtungen und müssen die massgebende Kombination der Lastflussrichtungen (Kapitel 2.4.2) wiedergeben. Sind die Lastflussrichtungen ungekoppelt, dann dürfen diejenigen Lastflussrichtungen eingesetzt werden, für welche die konkret modellierte Phasenbelegung optimal ist.

[21] Z.B. DIN/VDE 0848–1, 2000–8: Sicherheit in elektrischen, magnetischen und elektromagnetischen Feldern; Teil 1: Definitionen, Mess- und Berechnungsverfahren; Abschnitt 5.1

[22] Für die Validierung der Berechnungsprogramme sind grundsätzlich die Software-Entwickler verantwortlich. Für Anwender ist es jedoch ratsam, sich bei neuen Programmversionen selber ein Urteil über die Korrektheit der Berechnungsergebnisse zu bilden.

- für jeden Phasenleiter: der Phasenwinkel. Zur Sicherstellung der Konsistenz soll bei Dreiphasensystemen folgende Konvention eingehalten werden[23]:
  - R (oder L1): 0°
  - S (oder L2): -120°
  - T (oder L3): 120°
- die geometrische Anordnung der Phasenleiter (Relativkoordinaten) gemäss den genehmigten oder vorgelegten Plänen für das Mastbild bzw. den Rohrblock. Bei Freileitungen sollen die Relativkoordinaten eine Unsicherheit von weniger als ± 1 % aufweisen.
- die absolute Lage der Phasenleiter gegenüber dem Gelände (seitlich und in der Höhe bzw. Tiefe) gemäss den genehmigten oder vorgelegten Längenprofilen (Freileitungen) bzw. Tiefbauplänen (Kabelleitungen). Die Absolutkoordinaten sollen so genau bekannt sein, dass der Abstand zu einem OMEN mit einer Unsicherheit von weniger als ± 1 % angegeben werden kann

Bei Freileitungen müssen Erdseilströme nicht unbedingt berücksichtigt werden.[24]

Bei Kabelleitungen müssen Ströme auf den Kabelmänteln nicht berücksichtigt werden.[25]

Umfasst eine Leitung Stränge für 16.7 und 50 Hz, so sind die Effektivwerte der magnetischen Flussdichte für die beiden Stromsysteme vorerst unabhängig zu berechnen. Die beiden Effektivwerte werden anschliessend nach der Parseval'schen Formel addiert:

$$B = \sqrt{B_{16.7}^2 + B_{50}^2} \qquad (3)$$

Das Ergebnis der Modellierung soll als 1 µT-Isolinie in der Ebene senkrecht zur Leitungsachse dargestellt werden. Für diejenigen OMEN, bei denen eine Ausnahme (Kapitel 3.1.4) beantragt wird, ist die magnetische Flussdichte zusätzlich explizit anzugeben.

Beispiele von Isoliniendarstellungen für Standardkonfigurationen von Frei- und Kabelleitungen finden sich auf der Homepage des BAFU.[26]

Es sind zwei- und dreidimensionale Berechnungsmodelle verfügbar.

[23] Wenn Transformatoren eine starre Phasenverschiebung zwischen zwei Spannungsebenen erzeugen, ist dies bei der Eingabe des Phasenwinkels der Ströme zu berücksichtigen. Als Referenzsystem (R=0°, S=-120°, T=120°) wählt man in diesem Fall die höchste Spannungsebene. Die Phasenwinkel der Ströme auf den transformierten, niedrigeren Spannungen werden dann um die starre Phasenverschiebung korrigiert. Beispiel: Ein Transformator mit der Schaltgruppe Yd11 erzeugt eine Phasenverschiebung φ(Oberspannung)-φ(Unterspannung) = 330°. Die Phasenwinkel der Ströme der Unterspannungsseite betragen demnach: R: 30° (0°–330°), S: -90° (-120°–330°), T: +150° (120°–330°).

[24] Sind Erdseile jedoch in den Mastbibliotheken, die mit dem Berechnungsprogramm mitgeliefert werden, ohnehin integriert, und verfügt das Programm über ein Modul zur Berechnung des Erdseilstroms, dann soll dieser bei der Berechnung der magnetischen Flussdichte auch einbezogen werden.

[25] Bei den Kabelleitungen, für die die vorliegende Empfehlung gilt (Einleiterkabel in getrennten Rohren), ist nicht mit relevanten Kabelmantelströmen zu rechnen. Entweder sind solche Kabelleitungen nur einseitig geerdet oder die Schirme sind im so genannten cross bonding ausgeführt.

[26] *www.bafu.admin.ch/elektrosmog/01100/01108/04391/index.html?lang=de*

8.1.4.1 Dreidimensionale Modellierung

Die dreidimensionale (3D)-Modellierung ist universell anwendbar. Dabei wird eine Leitung in allen drei Raumdimensionen, inklusive Leiterdurchhang, endlichen Leiterlängen und allfälligen Leitungsknicken, geometrisch modelliert. Die magnetische Flussdichte kann für den ganzen die Leitung umgebenden Raum berechnet werden. Dabei ist es wichtig, dass die im Modell eingegebenen Leitungslängen im Vergleich zur Ausdehnung der 1 µT-Isolinie ausreichend gross sind. Dies ist der Fall, wenn gemessen am grössten Abstand der 1 µT-Isolinie zu einem Leiter, sämtliche Leiter mindestens fünfmal so weit vor und hinter die Berechnungsebene modelliert werden.

8.1.4.2 Zweidimensionale Modellierung

Zweidimensionale (2D)-Modellierungen sind bezüglich der Dateneingabe weniger aufwändig als 3D-Modellierungen, jedoch nur eingeschränkt anwendbar. Sie existieren in zwei Varianten:

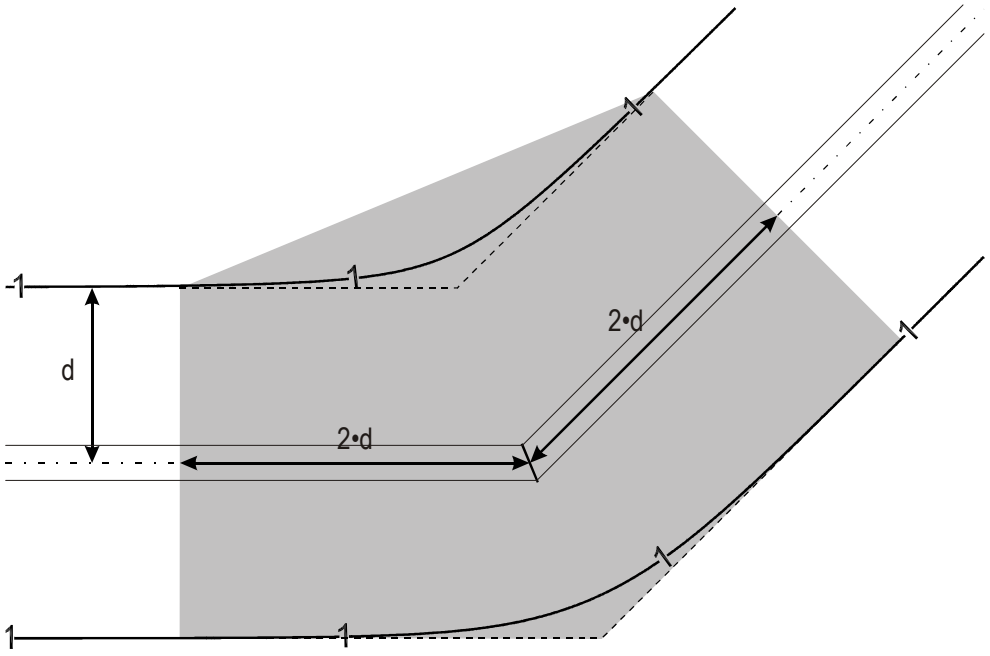
- Gewisse Berechnungsprogramme setzen implizit unendlich lange, gerade und parallele Leiter voraus. Die Leiterpositionen müssen dabei nur in der Ebene senkrecht zur Leitungsachse erfasst werden und die magnetische Flussdichte wird nur in dieser Ebene berechnet.
- Auch mit einem 3D-Modell lässt sich eine Quasi 2D-Modellierung durchführen. Dabei wird zwar die Berechnung selbst dreidimensional unter Berücksichtigung endlicher Leiterlängen durchgeführt, die Leitung wird jedoch vereinfacht modelliert: Die Seitenkoordinaten der Leiter werden der Realität entsprechend ins Leitungsmodell eingegeben, der Leiterdurchhang jedoch wird ignoriert, d.h. die Leiter werden als parallel zum Erdboden auf konstanter Höhe verlaufend approximiert. Dabei ist es wichtig, dass die im Modell eingegebenen Leitungslängen im Vergleich zur Ausdehnung der 1 µT-Isolinie ausreichend gross sind. Dies ist der Fall, wenn, gemessen am grössten Abstand der 1 µT-Isolinie zu einem Leiter, sämtliche Leiter mindestens fünfmal so weit vor und hinter die Berechnungsebene modelliert werden.

2D-Modellierungen sollen unter folgenden Bedingungen nicht verwendet werden:

- Für OMEN in der Nähe eines Leitungsknicks[27]. Der Bereich, in dem die 2D-Modellierung nicht zuverlässige Ergebnisse liefert, ist in Abbildung 6 grau markiert. *d* entspricht der maximalen seitlichen Ausdehnung der 1 µT-Isolinie, berechnet mit dem 2D-Modell. Der grau markierte Bereich definiert gleichzeitig auch den Untersuchungsperimeter gemäss Kapitel 8.5.2.
- Für OMEN im Nahbereich von Leitungskreuzungen
- Bei Freileitungen: für Spannweiten zwischen zwei Masten mit unterschiedlicher Anordnung der Leiter.

[27] Als Leitungsknick gilt eine Abweichung von der Geraden von mehr als 5 Grad.

Abb. 6 > Modellierung der magnetischen Flussdichte bei einem Leitungsknick.



Im grau markierten Bereich ist die 2D-Modellierung nicht zulässig
——1——: 1 µT-Isolinie, 3D-Modellierung
- - - - - - - - -: 1 µT-Isolinie, 2D-Approximation

8.2 Abnahmemessung

8.2.1 Allgemeines

Mit einer Abnahmemessung wird die Übereinstimmung zwischen der Messung und Modellierung der magnetischen Flussdichte für einen realen Betriebszustand der Leitung überprüft. Ist die Differenz zwischen beiden Ergebnissen kleiner als die gesamte, erweiterte Unsicherheit der Abnahmemessung, dann gelten das Leitungsmodell und die mit diesem berechneten magnetischen Flussdichten als validiert.

Eine Abnahmemessung umfasst in der Regel folgende Schritte[28]:

- Messung der Spannung, Wirk- und Blindleistung aller Leitungsstränge der betreffenden Anlage oder alternativ dazu: Messung der Ströme und der Lastwinkel
- Messung der magnetischen Flussdichte an einem geeigneten Messort

[28] Messungen der magnetischen Flussdichte ohne gleichzeitige Erfassung aller relevanten Betriebsparameter der Leitung sind demgegenüber bloss als orientierend zu betrachten. Dasselbe gilt für eine Messung mit einer vereinfachten Extrapolation auf den massgebenden Betriebszustand ohne Verwendung eines detaillierten numerischen Berechnungsmodells. Die Ergebnisse solcher orientierender Messungen sind im Sinne einer Abschätzung als Information für betroffene Personen hilfreich, vermögen jedoch in der Regel keine bezüglich der NISV rechtsverbindliche Aussage zu machen.

- Vermessung der Lage des Messortes (seitlicher Abstand und Höhenunterschied) relativ zu den Leitern
- Modellierung der magnetischen Flussdichte für den Ort der NIS-Messung mit dem zu validierenden Leitungsmodell, in das die gemessenen Ströme und Koordinaten eingesetzt werden
- Berechnung der Differenz zwischen modellierter und gemessener magnetischer Flussdichte, einschliesslich deren Unsicherheit.

Für die Messung der magnetischen Flussdichte soll ein gut zugänglicher Ort gewählt werden, welcher frei von Störeinflüssen ist. Der Abstand von der Leitung soll so gewählt werden, dass die magnetische Flussdichte im massgebenden Betriebszustand im Bereich von 1 bis 2 μT liegen würde. Es muss sich nicht um einen OMEN handeln.

Je höher die Auslastung der Leitung relativ zum massgebenden Betriebszustand ist, desto bessere Übereinstimmung kann zwischen Messungen und Modellierungen der magnetischen Flussdichte erwartet werden. Es wird daher empfohlen, Abnahmemessungen nur dann durchzuführen, wenn alle Leitungsstränge der Leitung nennenswert ausgelastet sind und die Messgeräte für Leistung, Spannung bzw. Ströme in einem günstigen Messbereich mit möglichst niedriger Messunsicherheit arbeiten können. Die Lastflussrichtungen sollen nach Möglichkeit während der Abnahmemessung mit denjenigen des massgebenden Betriebszustandes übereinstimmen.

Es ist wünschbar, unterschiedliche Betriebszustände der Leitung zu erfassen und auszuwerten. Allerdings sind diesem Anliegen Grenzen gesetzt, da sich der Betrieb einer Leitung nicht beeinflussen lässt.

Die Messung der magnetischen Flussdichte und der Betriebsgrössen der Leitung muss gleichzeitig erfolgen und zeitlich ausreichend synchronisiert sein. Bei schwankendem Betrieb der Leitung sollen die Messwerte in der Regel während einer Stunde aufgezeichnet werden. Wenn die Ströme und die magnetische Flussdichte stabil sind, kann diese Messdauer verkürzt werden. Für die Auswertung wird aus der Aufzeichnung mindestens eine Periode ausgewählt, für die folgende Bedingungen erfüllt sind:

- möglichst geringe Schwankungen der gemessenen magnetischen Flussdichte
- alle Leitungsstränge führen Ströme im Bereich ihrer typischen Auslastung oder darüber.

Diese Periode soll mindestens eine Minute dauern. Je kürzer die Periode, desto höher muss die Erfassungsrate der Messgeräte und desto genauer muss die Strommessung mit derjenigen der magnetischen Flussdichte synchronisiert sein.

Für die ausgewählte Periode werden die gemessenen Spannungen, Leistungen, Ströme und die magnetische Flussdichte zeitlich gemittelt. Der Vergleich zwischen modellierter und gemessener magnetischer Flussdichte erfolgt auf der Basis dieser zeitlichen Mittelwerte.

Der Anlageinhaber muss über die Durchführung der Messungen frühzeitig informiert werden. Er soll dem Messlabor die aufgrund der Betriebserfahrung günstigen Zeitfenster für die Messung bekannt geben. Der Kontakt und die Datenübergabe sollen nach Möglichkeit direkt zwischen dem Leitungsinhaber und dem Messlabor erfolgen. Können sich die beiden Parteien über die Erfassung und Weitergabe der Betriebsdaten nicht einigen, entscheidet die Plangenehmigungsbehörde.

Abnahmemessungen erfordern Erfahrung und technischen Sachverstand. Sie sollen daher nur von akkreditierten Labors durchgeführt werden.

8.2.2 Bestimmung der Ströme und Lastwinkel

Für die Ströme und Lastwinkel kann man bei Höchstspannungsleitungen häufig auf die Registrierung durch den Betreiber der Leitung zurückgreifen. In der Regel werden nicht die Ströme und Lastwinkel direkt, sondern die Spannung, sowie die Wirk- und Blindleistung registriert. In diesem Fall müssen die Ströme und Lastwinkel gemäss den folgenden Formeln aus den gemessenen Spannungen und Leistungen berechnet werden. Dabei geht man implizit davon aus, dass alle Phasenleiter des betreffenden Leitungsstrangs gleiche Ströme mit der theoretischen Phasenverschiebung von 120 Grad bzw. 180 Grad (bei 16.7 Hz-Schleifen) führen.

$$I = Vorzeichen(P) \cdot \frac{\sqrt{3}}{3 \cdot U} \cdot \sqrt{P^2 + Q^2} \quad \text{für Drehstrom (50 Hz)} \tag{4}$$

$$I = Vorzeichen(P) \cdot \frac{1}{U} \cdot \sqrt{P^2 + Q^2} \quad \text{für Bahnstrom (16.7 Hz)} \tag{5}$$

$$\varphi = \arctan \frac{Q}{P} \tag{6}$$

Dabei bedeuten:

I	symmetrischer Ersatzstrom
U	verkettete Spannung
P	Wirkleistung
Q	Blindleistung
φ	Lastwinkel

Insbesondere wenn die Anlage Leitungsstränge verschiedener Betreiber umfasst, muss auf eine konsistente Vorzeichensetzung geachtet werden.

Ist eine Registrierung nicht bereits standardmässig vorhanden, dann muss sie für die Dauer der Abnahmemessung eingerichtet werden. Dabei kommen grundsätzlich Messsysteme in Frage, die entweder die Ströme und Lastwinkel direkt, oder Spannung sowie Wirk- und Blindleistung erfassen.

Bei direkter Strommessung ist es ausreichend, pro Leitungsstrang nur den Strom eines einzelnen Phasenleiters und den Lastwinkel zu messen. Dabei sollen nur die Grundfrequenz erfasst und Oberwellen unterdrückt werden.

Wegen asymmetrischen Belastungen, durch andere Leitungsstränge induzierte Ströme und infolge Oberwellen oder anderen Einkopplungen können insbesondere bei geringer Strombelastung zwischen den beiden Messverfahren Unterschiede auftreten, die deutlich über die Messunsicherheit der Messgeräte hinausgehen.

Die installierten Messgeräte erfassen häufig den zeitlichen Mittelwert über eine bestimmte Zeitperiode (typisch ist eine Periode von 1 Minute). Sofern keine automatische Mittelwertbildung implementiert ist, soll mit einer möglichst hohen Abtastrate gemessen und im Nachhinein für die ausgewählte Zeitperiode numerisch gemittelt werden.

Auf die Messung von Erdseil- und Kabelmantelströmen kann generell verzichtet werden.

Die Messunsicherheit der Ströme muss im Einzelfall ermittelt werden. Wurden die Ströme aufgrund einer Spannungs- und Leistungsmessung bestimmt, sind die Unsicherheiten der Spannungs- und Leistungsmessung zugrunde zu legen und daraus die Unsicherheit der Ströme zu bestimmen. Wurden die Ströme direkt gemessen, kann die Unsicherheit direkt den Kalibrierdaten oder Spezifikationen des betreffenden Messsystems entnommen werden. Dazu kommt ein Pauschalbeitrag, welcher die Unsicherheit der zeitlichen Mittelung der Ströme und allfällige Abweichungen von der ideal symmetrischen Belastung der einzelnen Phasen berücksichtigt. Für diesen pauschalen Beitrag wird ein Wert von $\pm 2.5\,\%$[29] (Standardunsicherheit) vorgeschlagen.

8.2.3 Bestimmung der Positionen der Leiter und des Messortes

Die Koordinaten der Leiter relativ zueinander müssen nicht vermessen, sondern können den Plänen entnommen werden, deren Genauigkeit in der Regel ausreichend ist. Eine Überprüfung ist erst dann angezeigt, wenn zwischen der Messung und Modellierung der magnetischen Flussdichte unerklärliche Diskrepanzen festgestellt werden.

Hingegen muss die Lage des Messortes relativ zu den Leitern, d.h. der seitliche Abstand und die Höhendifferenz, bestimmt werden.

Bei Freileitungen werden übliche vermessungstechnische Verfahren eingesetzt. Auf weitere Ausführungen hierzu wird verzichtet. Ziel ist es, den direkten Abstand zwischen den Leitern und dem Messort mit einer Unsicherheit von maximal $\pm 1\,\%$ zu bestimmen. Je nach Lage des Messortes relativ zur Leitung ist dazu der seitliche Abstand oder der Höhenunterschied mit grösserer Genauigkeit zu bestimmen. Die Vermessung muss nicht genau zeitgleich mit der Messung der Ströme und der magnetischen Flussdichte erfolgen. Sie soll aber zeitlich nur so weit verschoben sein, dass sich

[29] Dieser Wert wird aufgrund der künftigen Praxiserfahrungen wenn nötig angepasst.

der direkte Abstand zwischen den Leitern und dem Messort infolge Änderungen des Leiterdurchhangs um weniger als 1 % verändert.

Bei Kabelleitungen kann die Verlegetiefe der Kabel in der Regel nicht unabhängig festgestellt werden, sondern muss den Tiefbauplänen entnommen werden. Bedeutsamer für die Ermittlung des direkten Abstands zum Messort ist bei Kabelleitungen allerdings deren seitliche Position. Diese kann bei Bedarf mit einer orientierenden Messung der magnetischen Flussdichte oberhalb der Kabelleitung (Querprofil senkecht zur Kabelachse) festgestellt werden.

Die Unsicherheit der Distanzbestimmung muss angegeben werden.

8.2.4 Messung der magnetischen Flussdichte

Bei der Wahl des Ortes für die Messung der magnetischen Flussdichte ist darauf zu achten, dass keine Störeinflüsse von anderen Quellen vorhanden sind.
Die magnetische Flussdichte soll mit möglichst hoher zeitlicher Auflösung gemessen werden.

Die magnetische Flussdichte soll frequenzselektiv auf der Grundfrequenz gemessen werden. Oberwellen sollen herausgefiltert werden[30].

Messgeräte für die magnetische Flussdichte sollen folgende Anforderungen erfüllen:

- Selektive Messung auf den Frequenzen 16.7 und 50 Hz mit Unterdrückung von Oberwellen
- Messung des Effektivwerts auf den genannten Frequenzen
- isotrope Messung[31]
- wirksame Fläche der Messspule: 100 cm²
- Auflösung von ≤ 10 nT im Messbereich 0-1 µT
- Messunsicherheit: maximal $\pm 5\,\%$[32]

Messgeräte für die magnetische Flussdichte sollen alle 2 Jahre kalibriert werden.

Die Messunsicherheit muss angegeben werden. Diese wird einerseits durch die Kalibrierung des Messgerätes, andererseits durch die Schwankungen des Messwertes während des Beurteilungsintervalls bestimmt.

Die Mittelwertbildung während der Beurteilungsperiode (siehe unten) verringert zwar den letztgenannten Beitrag zur Unsicherheit, vermag ihn jedoch nicht völlig zu eliminieren. Statistisch ist er als Standardabweichung σ_m des Mittelwerts in die Berechnung der Gesamtunsicherheit einzusetzen. Diese beträgt

[30] Dies ist bei einer Anlage, die sowohl 16.7 als auch 50 Hz-Stränge umfasst, nicht vollständig erfüllbar. Zumindest die dritte Harmonische von 16.7 Hz lässt sich von der Grundfrequenz der 50 Hz-Stränge messtechnisch nicht separieren.

[31] Eine separate Abspeicherung der einzelnen Raumkomponenten ist von Vorteil, jedoch nicht Bedingung.

[32] Zu verstehen als maximale Abweichung (Rechteckverteilung). Dies entspricht einer Standardunsicherheit von ±2.9 % (vgl. dazu Anhang 6, Kapitel A6-1).

$$\sigma_m = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^{n}(B_i - \overline{B})^2}{n(n-1)}} \qquad (7)$$

Dabei bedeuten:

n	Anzahl Messwerte während der Beurteilungsperiode
B_i	Messwert i der magnetischen Flussdichte
$\overline{B}$	Mittelwert der magnetischen Flussdichte für die Beurteilungsperiode
σ_m	Standardabweichung des Mittelwerts der magnetischen Flussdichte

Ein Beispiel mit Erläuterungen findet sich in Anhang 6.

8.2.5 Modellierung der magnetischen Flussdichte für den Betriebszustand während der Abnahmemessung

Aufgrund der Aufzeichnung der magnetischen Flussdichte sowie der Spannungen/Leistungen bzw. Ströme/Lastwinkel wird nachträglich ein Beurteilungsintervall ausgewählt, während dem die magnetische Flussdichte möglichst stabil und alle Leitungsstränge namhaft ausgelastet waren. Die ermittelten Ströme werden während dieses Zeitintervalls gemittelt.

Die Modellierung der magnetischen Flussdichte muss mit demselben Leitungsmodell erfolgen, welches auch für die rechnerische Prognose des massgebenden Betriebszustandes verwendet wurde. Als Input für die Modellierung werden folgende Grössen verwendet:

- Die (relativen) Positionen der Leiter gemäss den Plänen (diese bleiben somit gegenüber der Modellierung für den massgebenden Betriebszustand unverändert).
- Die vermessenen Koordinaten des Messortes relativ zu den Leiterseilen/Kabeln.
- Für jeden Phasenleiter der während des Beurteilungsintervalls gemittelte Strom inklusive Vorzeichen.
- Für jeden Phasenleiter der systembedingte Phasenwinkel gemäss Konvention (vgl. Kapitel 8.1.4), korrigiert um den gemessenen Lastwinkel und eine allfällig vorhandene, starre Phasenverschiebung zwischen Leitungssträngen unterschiedlicher Spannung.

Für die Ermittlung der Unsicherheit des Rechenergebnisses müssen gewisse Einflussfaktoren situationsspezifisch erhoben werden, andere werden über einen konstanten, pauschalen Beitrag berücksichtigt. Letzterer berücksichtigt implizit alle Approximationen und Vereinfachungen des Berechnungsmodells, die Unsicherheit der (relativen) Leiterpositionen und weitere Nichtidealitäten, die sich im Einzelfall nicht oder nur mit unverhältnismässigem Aufwand bestimmen lassen. Als Standardunsicherheit für diesen

Pauschalbeitrag wird bei Freileitungen ein Wert von ± 3 % vorgeschlagen, bei Kabelleitungen von ± 6 %[33].

Situationsspezifisch zu erheben und zu bewerten sind hingegen die Unsicherheiten der Ströme sowie deren Auswirkungen auf das Ergebnis der Modellierung. Das Verfahren ist im Detail in Anhang 6 beschrieben und anhand eines Beispiels illustriert.

8.2.6 Unsicherheit der Abnahmemessung

Die Messung der magnetischen Flussdichte, der Ströme, der Positionen der Leiter und des Messortes sowie das Modell für die Berechnung der magnetischen Flussdichte sind mit Unsicherheiten behaftet, die sich nicht vollständig eliminieren lassen. Eine Übereinstimmung zwischen einem gemessenen und einem modellierten Wert kann grundsätzlich nur im Rahmen der jeweiligen Unsicherheiten erwartet werden. Aus diesem Grund muss für die wichtigsten Einflussgrössen, die im Rahmen einer Abnahmemessung erhoben werden, die Unsicherheit und deren Auswirkung auf die magnetische Flussdichte ermittelt werden. Zusätzlich zu diesen im Einzelfall zu erhebenden Unsicherheiten wird ein pauschaler Beitrag addiert, der diejenigen Einflüsse berücksichtigt, die gar nicht oder nur mit grossem Aufwand bestimmt werden können.

Ursachen der Unsicherheit einer Abnahmemessung sind insbesondere:

- Unsicherheit der Kalibrierung der Messgeräte für die magnetische Flussdichte, die Spannung, Wirk- und Blindleistung bzw. für die Ströme
- Unsicherheit der zeitlichen Mittelwertbildung der obgenannten Messgrössen (Standardabweichung des Mittelwerts)
- Abweichungen von der idealen symmetrischen Belastung aller Leiter eines Leitungsstrangs
- Unsicherheit der Distanzbestimmung zwischen dem Messort und den Leitern
- Unsicherheit der relativen Positionen der Leiter untereinander
- implizite Approximationen und Vereinfachungen des Berechnungsmodells

Nicht als (statistische) Unsicherheit werden hingegen allfällige Verfälschungen der gemessenen magnetischen Flussdichte durch anlagefremde Magnetfelder betrachtet. Solche systematischen Fehler sind durch geeignete Wahl des Messortes von vornherein auszuschliessen.

Die gesamte Unsicherheit einer Abnahmemessung ergibt sich aus der statistisch korrekten Kombination der Einzelbeiträge unter der Annahme, dass diese voneinander unabhängig sind. Eine detaillierte Anleitung anhand eines Beispiels findet sich in Anhang 6.

[33] Diese Werte werden aufgrund der künftigen Praxiserfahrungen wenn nötig angepasst.

8.2.7 Validierung des Leitungsmodells

Für die Validierung des Leitungsmodells werden der gemessene und der modellierte Wert der magnetischen Flussdichte unter Berücksichtigung aller Unsicherheitsbeiträge verglichen. Das Leitungsmodell gilt als validiert, wenn die Abweichung zwischen dem gemessenen und modellierten Wert kleiner ist als die gesamte, erweiterte Unsicherheit der Abnahmemessung.

Umfasst die Anlage Leitungsstränge der Frequenzen 50 und 16.7 Hz, dann wird die Validierung für die beiden Frequenzen getrennt durchgeführt.

Ist die Abweichung grösser als die erweiterte Unsicherheit, weist dies auf Unzulänglichkeiten bei der Bestimmung der magnetischen Flussdichte hin. Dafür kommen verschiedene Ursachen in Frage, welche allein oder in Kombination vorliegen können, beispielsweise:

- Die Messung der magnetischen Flussdichte kann verfälscht, z.B. durch Störfelder überlagert sein.
- Der Betrieb der Leitung war während der Messung stark schwankend.
- Die Leitung war während der Messung zu wenig stark ausgelastet.
- Das gewählte Leitungsmodell kann für die vorliegende Situation eine zu grobe Näherung darstellen (z.B. eine 2D-Modellierung anstelle einer notwendigen 3D-Modellierung)
- Die tatsächlichen (relativen) Leiterpositionen können von den Plänen abweichen.
- Die Position des Messortes relativ zu den Leitern kann fehlerhaft bestimmt worden sein.
- Die Phasenbelegung im Leitungsmodell kann nicht der Realität entsprechen.

Solche Diskrepanzen sollen erklärt und behoben werden. Dazu ist eine Überprüfung sowohl der Messung der magnetischen Flussdichte, der Betriebsgrössen der Leitung, der Positionsbestimmung als auch des Leitungsmodells erforderlich. Wenn nötig ist die Abnahmemessung zu wiederholen oder das Leitungsmodell anzupassen, bis eine Übereinstimmung innerhalb der Messunsicherheit erreicht wird.

8.2.8 Anforderungen an den Messbericht

Der Bericht über eine Abnahmemessung soll so detailliert sein, dass alle Schritte der Messung, der Weiterverarbeitung der Messwerte und der Modellierung nachvollzogen werden können.

8.2.9 Akkreditierung von Prüfstellen oder Inspektionsstellen

Messlabors können Abnahmemessungen nach Kapitel 8.2 in den Geltungsbereich ihrer Akkreditierung aufnehmen lassen. Abnahmemessungen umfassen die Messung der magnetischen Flussdichte, die Bestimmung der Ströme und der Position des Messortes sowie die Modellierung der magnetischen Flussdichte mit Computerprogrammen inklusive Bestimmung der damit verbundenen Unsicherheiten.

8.3 Richtabstand zur Einhaltung des Anlagegrenzwertes

8.3.1 Zweck

Das in diesem Kapitel beschriebene Verfahren ermöglicht es, für einfache Leiteranordnungen die Einhaltung des AGW nachzuweisen, ohne dass die magnetische Flussdichte gemäss Kapitel 8.1 im Detail modelliert werden muss. Es handelt sich um eine Grobabklärung, die bei unkritischen Anlagen mit geringem Aufwand die Einhaltung des AGW abschliessend nachweisen kann. Es resultiert ein Richtabstand *r,* bei dem der AGW auf jeden Fall eingehalten ist. Da das Verfahren bezüglich Leiteranordnung, Lastflussrichtungen und Phasenbelegung vom ungünstigsten Fall ausgeht, ist der resultierende Richtabstand nie kleiner als der Abstand, den man bei einer detaillierten Modellierung der magnetischen Flussdichte gemäss Kapitel 8.1 für die betreffende Situation erhalten würde. Er ist daher als Näherung «auf der sicheren Seite» zu verstehen.

8.3.2 Anwendungsbereich

Diese Grobabklärung kann für zwei Nachweise verwendet werden:

- Nachweis, dass der AGW an einem OMEN eingehalten ist.
- Nachweis, dass zwei parallele Leitungen als zwei unabhängige Anlagen zu beurteilen sind.

Das Verfahren ist hingegen nicht geeignet um nachzuweisen, dass der AGW an einem OMEN überschritten ist. Dies kann abschliessend nur mit einer detaillierten Modellierung der magnetischen Flussdichte gemäss Kapitel 8.1 bzw. mit einer Abnahmemessung (Kapitel 8.2) festgestellt werden. Ebenso ist das Verfahren nicht geeignet um abschliessend festzustellen, dass zwei parallele Leitungen gemeinsam als eine Anlage zu behandeln sind. Für diesen Nachweis ist das in Kapitel 2.1.3 beschriebene Referenzverfahren anzuwenden, bei dem die 1 µT-Isolinien der beiden einzelnen Leitungen detailliert modelliert werden.

Das Verfahren ist nur unter folgenden Voraussetzungen zulässig:

- Anlagen mit maximal zwei Leitungssträngen
- thermischer Grenzstrom maximal 750 A
- Abstand q zwischen den am weitesten auseinander liegenden Leitern desselben Leitungsstrangs maximal 620 cm.
  Der Abstand q ist in Abbildung 7 für typische Leiteranordnungen des 50 Hz-Netzes illustriert. Bei Kabelleitungen liegt er in der Regel unter 80 cm, bei Freileitungen typischerweise über 1 m. Für die 16.7 Hz-Leitungen der Bahnen ist q der Abstand zwischen den beiden Leitern einer Schleife.

8.3.3 Richtabstand

Der Richtabstand *r* für ein- und zweisträngige Leitungen findet sich in den Tabellen 2 und 3. Er gilt gleichermassen für Frei- und Kabelleitungen.

Ist bei einer zweisträngigen Anlage der thermische Grenzstrom für die beiden Stränge verschieden, dann ist der höhere Wert massgebend. Ist der grösste Abstand *q* zwischen zwei Leitern desselben Leitungsstrangs für beide Stränge verschieden, dann gilt auch hier der höhere Wert.

Der Richtabstand ist vom geometrischen Schwerpunkt des jeweiligen Leitungsstrangs aus zu messen. Ist der direkte Abstand eines OMEN zum geometrischen Schwerpunkt des näher liegenden Leitungsstrangs grösser als der Richtabstand, dann ist an diesem OMEN der AGW mit Sicherheit eingehalten.

Tab. 2 > Einsträngige Leitungen.

Richtabstand r *zur Einhaltung des Anlagegrenzwertes.*

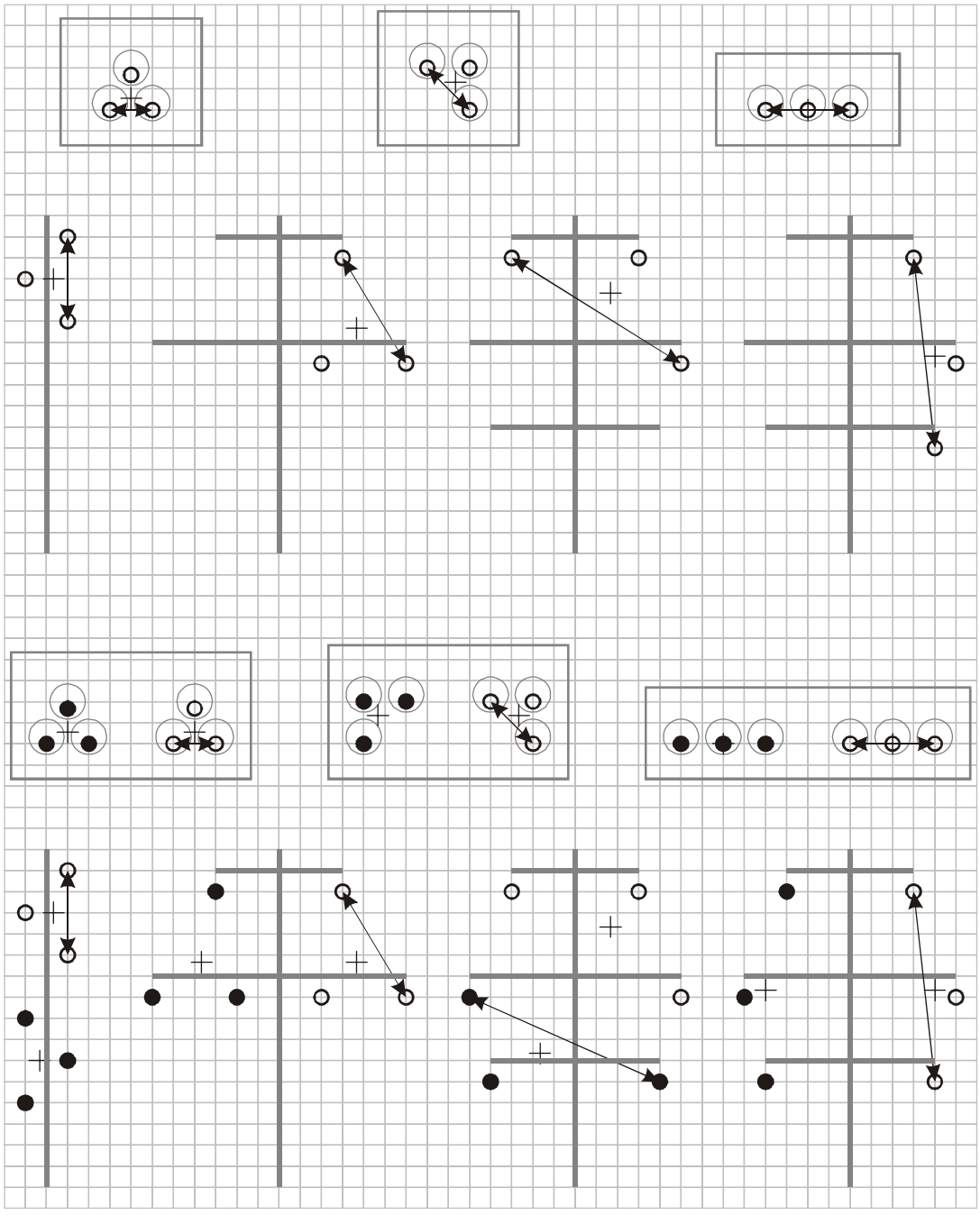
grösster Abstand *q* zwischen 2 Leitern	thermischer Grenzstrom				
	bis 100 A	101 bis 225 A	226 bis 400 A	401 bis 625 A	626 bis 750 A
bis 20 cm	2.4 m	3.6 m	4.8 m	6.0 m	6.6 m
21 bis 40 cm	3.2 m	4.8 m	6.4 m	8.0 m	8.8 m
41 bis 60 cm	4.0 m	6.0 m	8.0 m	10.0 m	11.0 m
61 bis 80 cm	4.6 m	6.9 m	9.2 m	11.5 m	12.7 m
81 bis 100 cm	5.0 m	7.5 m	10.0 m	12.5 m	13.8 m
101 bis 200 cm	7.0 m	10.5 m	14.0 m	17.5 m	19.3 m
201 bis 400 cm	10.0 m	15.0 m	20.0 m	25.0 m	27.5 m
401 bis 620 cm	12.5 m	18.8 m	25.0 m	31.3 m	34.4 m

Tab. 3 > Zweisträngige Leitungen.

Richtabstand r *zur Einhaltung des Anlagegrenzwertes.*

grösster Abstand *q* zwischen 2 Leitern desselben Strangs	thermischer Grenzstrom				
	bis 100 A	101 bis 225 A	226 bis 400 A	401 bis 625 A	626 bis 750 A
bis 20 cm	3.2 m	4.8 m	6.4 m	8.0 m	8.8 m
21 bis 40 cm	4.6 m	6.9 m	9.2 m	11.5 m	12.7 m
41 bis 60 cm	5.6 m	8.4 m	11.2 m	14.0 m	15.4 m
61 bis 80 cm	6.4 m	9.6 m	12.8 m	16.0 m	17.6 m
81 bis 100 cm	7.0 m	10.5 m	14.0 m	17.5 m	19.3 m
101 bis 200 cm	10.0 m	15.0 m	20.0 m	25.0 m	27.5 m
201 bis 400 cm	14.0 m	21.0 m	28.0 m	35.0 m	38.5 m
401 bis 620 cm	17.5 m	26.3 m	35.0 m	43.8 m	48.2 m

Abb. 7 > Abstandsparameter q bei typischen 3-Phasen-Leiteranordnungen.



○ Positionen der Leiter von Leitungsstrang 1
● Positionen der Leiter von Leitungsstrang 2
+ geometrischer Schwerpunkt eines Leitungsstrangs

8.4 Ermittlung der optimalen Phasenbelegung

8.4.1 Allgemeines

Umfasst eine Anlage zwei oder mehr Leitungsstränge gleicher Frequenz, dann können sich das elektrische und magnetische Feld je nach der Belegung der Phasen verstärken oder teilweise kompensieren.

Die Optimierung der Phasenbelegung bezüglich des Magnetfeldes ist nur möglich, wenn die Lastflussrichtungen zweier oder mehrerer Leitungsstränge gekoppelt sind. Bei ungekoppelten Lastflussrichtungen sind alle Phasenbelegungen als gleichwertig zu betrachten. Bei einsträngigen Leitungen ist eine Phasenoptimierung nicht möglich.

Die Phasenbelegung soll in der Regel für ein minimales Magnetfeld ausserhalb des Leitungstrassees optimiert werden. Bei den meisten Leitungen ist die für das Magnetfeld optimale Phasenbelegung auch optimal hinsichtlich des elektrischen Feldes. Falls zwei Leitungsstränge gegenläufige Lastflussrichtungen aufweisen, trifft dies allerdings nicht zu. Diejenige Phasenbelegung, die für das Magnetfeld reduzierend wirkt, verstärkt in diesem Fall das elektrische Feld und umgekehrt. Solange der Immissionsgrenzwert für die elektrische Feldstärke eingehalten werden kann, ist dies kein Problem; es soll dann die Phasenbelegung grundsätzlich bezüglich des Magnetfeldes optimiert werden. Bei einzelnen 380 und 220 kV-Leitungen mit gegenläufigem Lastfluss könnte sich allerdings ein Zielkonflikt zwischen der Einhaltung des Immissionsgrenzwerts für die elektrische Feldstärke und der Minimierung des Magnetfeldes ergeben. In diesem Fall ist eine Gesamtbetrachtung vorzunehmen. Es soll versucht werden, im Rahmen des technisch Möglichen und wirtschaftlich Tragbaren beiden Anforderungen – Einhaltung des Immissionsgrenzwerts und Minimierung des Magnetfeldes – gerecht zu werden.

Besondere Beachtung erfordern bei der Phasenoptimierung allfällige starre Phasenverschiebungen zwischen zwei Leitungssträngen verschiedener Spannung des 50 Hz-Netzes. Es gibt Transformatoren, welche zwischen Ober- und Unterspannungsseite eine starre Phasenverschiebung von 150 oder 330 Grad bewirken. Für die Optimierung der Phasenbelegung kann eine Phasenverschiebung von 150 Grad in erster Näherung wie die gegenläufige Lastflussrichtung, eine solche von 330 Grad als gleichsinnige Lastflussrichtung behandelt werden. Sofern die optimale Phasenbelegung allerdings anhand einer Modellierung des Magnetfeldes ermittelt wird, sollen in diese Modellierung die tatsächlichen Phasenwinkel einfliessen.

Umfasst eine Anlage Leitungsstränge unterschiedlicher Frequenz (50 Hz und 16.7 Hz), dann sind nur Leitungsstränge gleicher Frequenz aufeinander zu optimieren. Im Folgenden werden unter einem Paar von Leitungssträngen stets solche gleicher Frequenz verstanden.

Mit gewissen Phasenbelegungen lässt sich eine bezüglich der Leitungsachse asymmetrische Magnetfeldverteilung erzeugen. Dieser Umstand kann im Prinzip genutzt wer-

den, um auf der einen Seite der Leitung die magnetische Flussdichte etwas zu reduzieren und so an einem kritischen OMEN den AGW einhalten zu können. Solche punktuellen Optimierungen führen jedoch in der Regel auf der anderen Seite der Leitung zu einer Erhöhung des Magnetfeldes. Sie sollen daher nur zum Zuge kommen, wenn sicher gestellt ist, dass auf der gegenüberliegenden Seite der Leitung in relevantem Abstand keine OMEN vorhanden sind oder künftig entstehen werden.

8.4.2 Zwei Stränge gleicher Frequenz

Sind die Lastflüsse auf den beiden Leitungssträngen entweder gleichsinnig oder gegenläufig, dann existiert eine optimale Phasenbelegung. Für Standardkonfigurationen von Leitungen kann die optimale Phasenbelegung bestehenden Beispielsammlungen entnommen werden.[34] Für andere Mastbilder muss sie durch Modellierung des Magnetfeldes für alle Phasenbelegungen individuell ermittelt werden. Dabei ist darauf zu achten, dass die magnetische Flussdichte *ausserhalb* des Leitungstrassees zu minimieren ist. Eine 2D-Modellierung ist für diese Optimierung ausreichend. Diese Optimierungsprozedur ist in den kommerziell erhältlichen Berechnungsprogrammen teilweise bereits implementiert.

Sind die Lastflussrichtungen der beiden Leitungsstränge ungekoppelt, dann ist keine Phasenbelegung optimal.

8.4.3 Drei und mehr Stränge gleicher Frequenz

Die optimale Phasenbelegung ist durch systematische Modellierung des Magnetfeldes für alle unabhängigen Kombinationen von Phasenbelegungen zu ermitteln. Dabei sind die massgebenden Ströme und Lastflussrichtungen gemäss massgebendem Betriebszustand einzusetzen und die magnetische Flussdichte ist für den Bereich *ausserhalb* des Leitungstrassees zu optimieren. Eine 2D-Modellierung ist für diese Optimierung ausreichend. Diese Optimierungsprozedur ist in den kommerziell erhältlichen Berechnungsprogrammen teilweise bereits implementiert.[35]

Das beschriebene Optimierungsverfahren kann in gewissen Fällen im tatsächlichen Betrieb der Anlage zu unliebsamen Überraschungen führen. Insbesondere, wenn einzelne Leitungsstränge dauerhaft sehr stark, andere wesentlich schwächer ausgelastet sind, geht die in der Modellierung wirksame kompensierende Wirkung auf das Magnetfeld verloren. Die magnetische Flussdichte kann dadurch dauerhaft höher sein als sie für den massgebenden Betriebszustand modelliert wurde. Während es bei einer bloss zweisträngigen Leitungen in einem solchen Fall keine Verbesserungsmöglichkeit gibt, kann bei drei- und mehrsträngigen Leitungen eine andere Phasenbelegung in Betracht gezogen werden, welche sich nicht am massgebenden Betriebszustand orientiert, sondern die dauerhaft ungleiche Auslastung der Leitungsstränge berücksichtigt.

[34] Homepage BAFU, *www.bafu.admin.ch/elektrosmog/01100/01108/04391/index.html?lang=de*

[35] Dieses Verfahren gilt unter der Voraussetzung, dass kein Leitungsstrang bezüglich der Lastflussrichtung von allen übrigen Strängen völlig entkoppelt ist. Sollte dies ausnahmsweise nicht zutreffen, dann wird die optimale Phasenbelegung in erster Linie für die gekoppelten Stränge bestimmt. Die Phasenbelegung des entkoppelten Strangs ist grundsätzlich frei, es empfiehlt sich jedoch, sie in Analogie zu zweisträngigen ungekoppelten Leitungen für die Perioden hoher Auslastung dieses Leitungsstrangs zu optimieren.

Um dem Grundanliegen der vorsorglichen Minimierung des Magnetfeldes nachzuleben ist es zulässig und sogar erwünscht, in solchen Fällen vom strengen Wortlaut der NISV abzuweichen und die Phasenbelegung für reale Betriebsbedingungen zu optimieren. Diesbezügliche Abklärungen sollen im Standortdatenblatt oder Meldeformular «Sanierungsabklärung für eine alte Hochspannungsleitung» vermerkt werden.

8.4.4 Grösserräumige Aspekte

Die Verfahren der Phasenoptimierung, die in den Kapiteln 8.4.2 und 8.4.3 beschrieben sind, betrachten die zu optimierende Anlage jeweils für sich allein. Dies ist dann gerechtfertigt, wenn eine Anlage über die ganze Strecke zwischen zwei Unterwerken die gleichen Leitungsstränge in gleicher Konfiguration umfasst. In der Praxis ist diese Voraussetzung jedoch nicht immer erfüllt. Es kommt durchaus vor, dass zwischen zwei Unterwerken einzelne Leitungsstränge auf eigene Leitungen abzweigen und dort mit anderen kombiniert werden, welche ihrerseits an anderer Stelle mit weiteren Leitungssträngen kombiniert sind. Wenn Leitungsstränge auf diese Weise zusammenhängen, kann die Optimierung der Phasenbelegung auf einem Teilabschnitt prinzipiell negative Auswirkungen auf benachbarten Abschnitten haben. In diesem Fall ist eine gesamtheitliche Betrachtung unter Einbezug aller betroffenen OMEN vorzunehmen.[36] Soweit technisch möglich, soll auf allen Teilabschnitten die jeweils optimale Phasenbelegung realisiert werden. Ist dies nicht möglich, dann sollen in erster Priorität diejenigen Leitungsstränge aufeinander optimiert werden, die betrieblich eng gekoppelt sind, d.h. vergleichbare und eher hohe Ströme führen.

8.5 Bestimmung des Legitimations- und Untersuchungsperimeters

8.5.1 Bestimmung des Legitimationsperimeters

Der Legitimationsperimeter ist ein Korridor, der sich beidseits einer Leitung symmetrisch zur Leitungsachse ausdehnt. Seine Breite ist nur von der Leiteranordnung und den massgebenden Strömen (gemäss Kapitel 2.4.1) abhängig, nicht jedoch von der konkreten Phasenbelegung und den Lastflussrichtungen. Sie wird wie folgt bestimmt:

- Zuerst wird für die massgebenden Ströme (Kapitel 2.4.1) und die optimale Phasenbelegung (Kapitel 8.4) die 1 µT-Isolinie in der Ebene senkrecht zur Leitungsachse mit einem 2D-Modell berechnet.
- Anschliessend wird die grösste seitliche Ausdehnung *d* der 1 µT-Isolinie ab der Leitungsachse bestimmt.
- Der Legitimationsabstand beträgt das Doppelte des Abstandes *d,* mindestens jedoch 20 m. Er wird horizontal ab der Leitungsachse gemessen und beidseits der Leitung symmetrisch zur Leitungsachse angewendet. Der sich ergebende Korridor ist der Legitimationsperimeter. Beispiele finden sich in den Abbildungen 8 und 9.

[36] Ein mögliches Entscheidungskriterium ist dabei die Summe der magnetischen Flussdichten im massgebenden Betriebszustand, summiert über alle OMEN, bei denen der AGW überschritten ist. Bei stark unterschiedlicher Grösse und Nutzung der betreffenden OMEN kann zusätzlich mit der Nutzungsintensität (Anzahl Personen; Aufenthaltsdauer) gewichtet werden.

Ist die 1 µT-Isolinie bezüglich der Leitungsachse nicht symmetrisch, dann wird der ermittelte Legitimationsabstand trotzdem auf beiden Seiten der Leitung symmetrisch angewendet. Ein Beispiel für eine 220/380 kV-Freileitung findet sich in Abbildung 10.

Einen Spezialfall stellen einzelne Spannweiten einer Freileitung dar, in denen der Übergang zwischen zwei verschiedenen Mastbildern stattfindet. Für eine solche Spannweite ist der breitere der Legitimationsperimeter der beiden anschliessenden Spannweiten zu verwenden. Ein Beispiel findet sich in Abbildung 11.

Bei parallelen Leitungen wird der Legitimationsperimeter für jede Leitung separat bestimmt, unabhängig davon, ob die beiden im Sinne der NISV als getrennte oder als eine einzige Anlage zu behandeln sind. Der gesamte Legitimationsperimeter ergibt sich dann aus der Überlagerung der für jede Leitung einzeln bestimmten Korridore. Ein Beispiel findet sich in Abbildung 12.

Der Legitimationsperimeter soll im Übersichtsplan und wenn möglich auch in den Situationsplänen der Leitung eingezeichnet werden.

Der Legitimationsperimeter kann bei einfachen Leitungen auch mit Hilfe des Richtabstandes *r* gemäss Kapitel 8.3 bestimmt werden. Anwendbar ist diese einfache Methode bei ein- oder zweisträngigen Leitungen, die bezüglich thermischem Grenzstrom und Leiteranordnung die Bedingungen von Kapitel 8.3.2 erfüllen. In diesem Fall wird als seitlicher Abstand *d* (Abbildungen 8 bis 12) der Richtabstand gemäss Kapitel 8.3.3 verwendet. Der Legitimationsabstand – seitlich von der Leitungsachse – entspricht dann dem doppelten Richtabstand, mindestens jedoch 20 Meter.

Abb. 8 > Bestimmung des Legitimations- und Untersuchungsperimeters am Beispiel einer 110 kV-Kabelleitung (Vertikalebene).

Erläuterungen siehe Text.

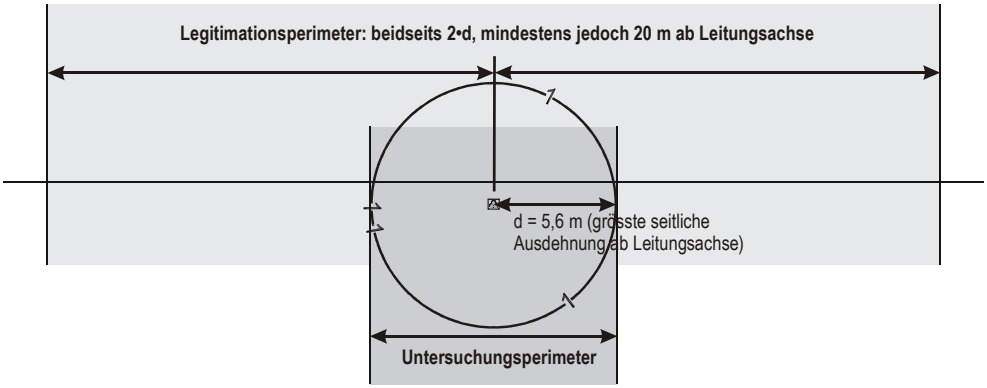


Abb. 9 > Bestimmung des Legitimations- und Untersuchungsperimeters am Beispiel einer 380 kV-Freileitung mit symmetrischer 1µT-Isolinie (Vertikalebene).

Erläuterungen siehe Text.

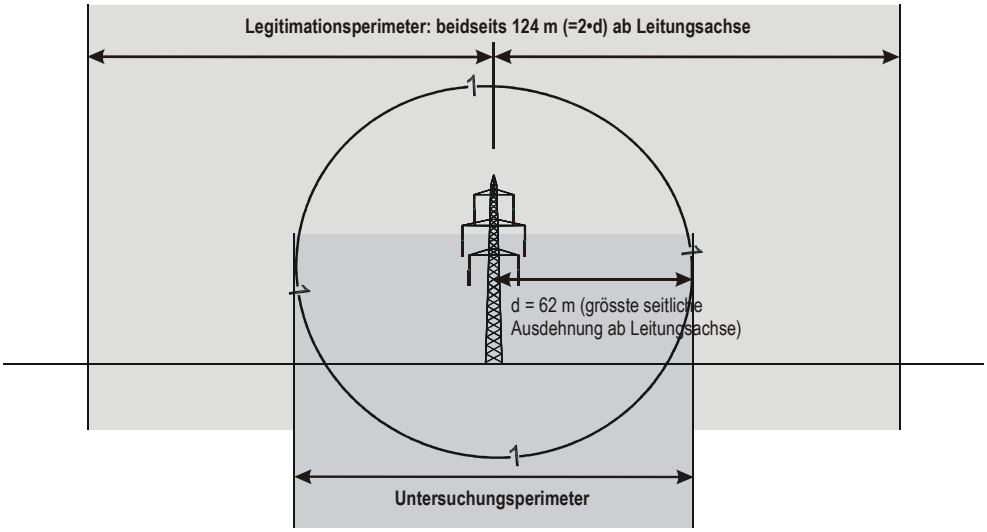


Abb. 10 > Bestimmung des Legitimations- und Untersuchungsperimeters am Beispiel einer 220/380 kV-Freileitung mit nicht symmetrischer 1µT-Isolinie (Vertikalebene).

Erläuterungen siehe Text.

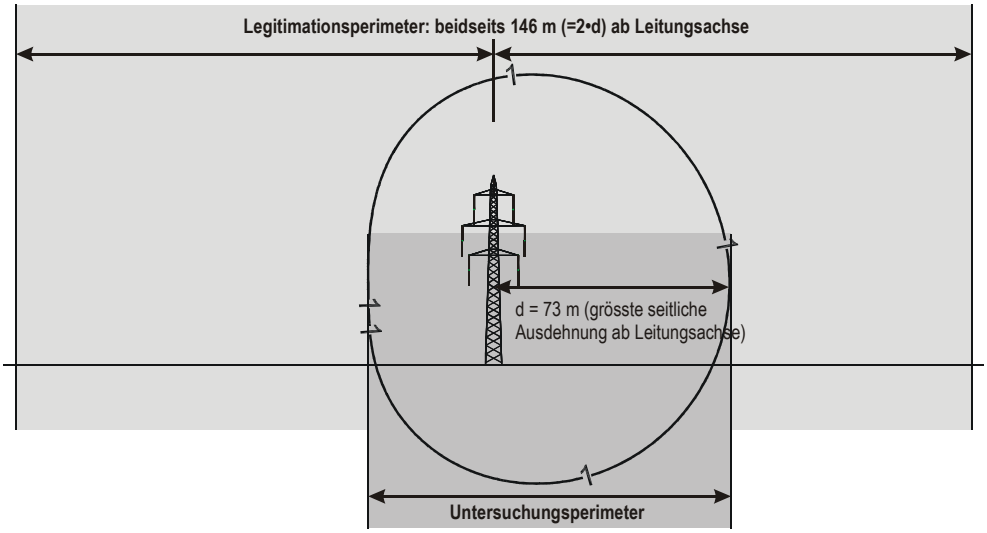


Abb. 11 > Bestimmung des Legitimations- und Untersuchungsperimeters beim Übergang zwischen zwei Leiteranordnungen (Freileitung; Horizontalebene).

Erläuterungen siehe Text.

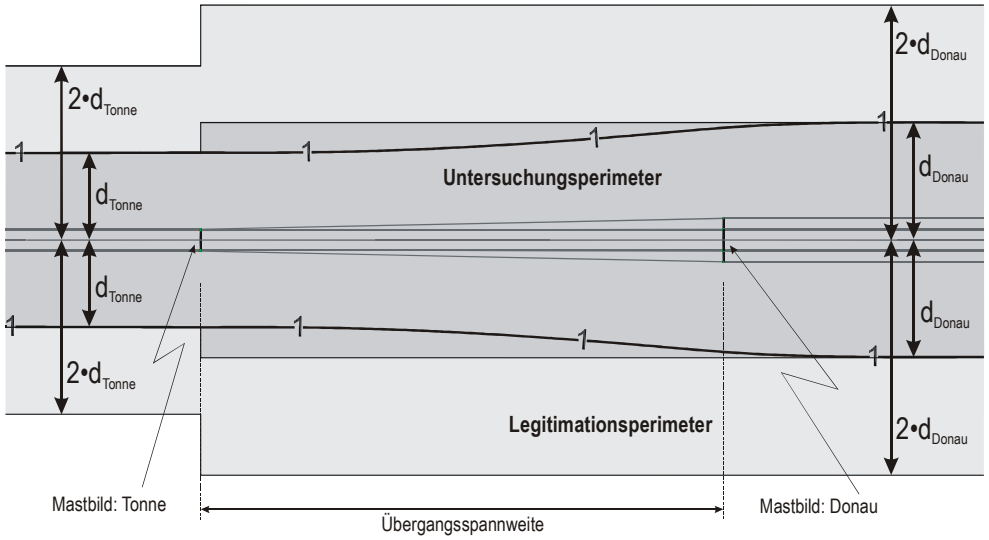
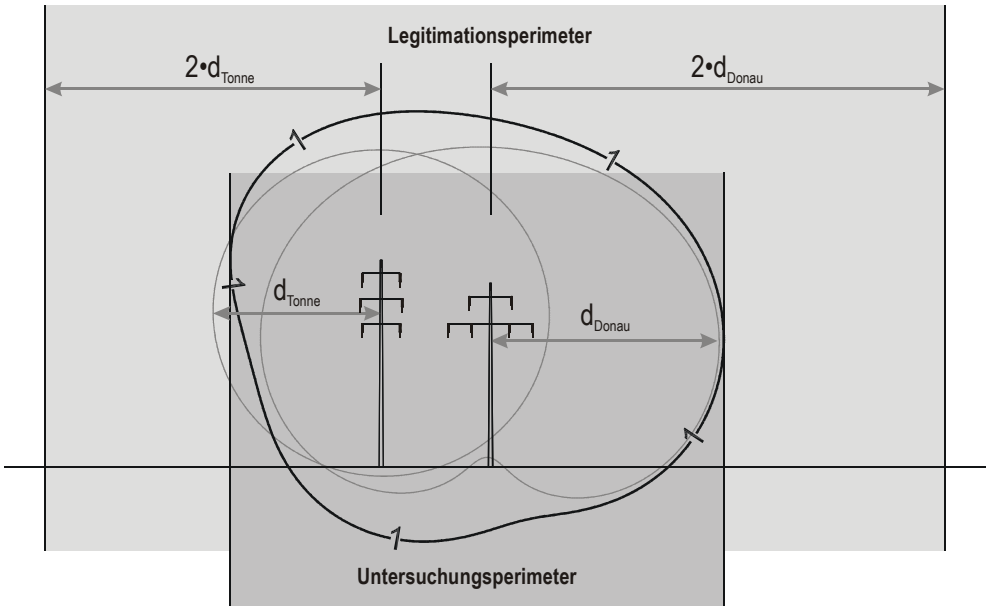


Abb. 12 > Bestimmung des Legitimations- und Untersuchungsperimeters von zwei parallelen Freileitungen, die als eine Anlage gelten (Vertikalebene).

Erläuterungen siehe Text.



8.5.2 Bestimmung des Untersuchungsperimeters

Der Untersuchungsperimeter ist derjenige Bereich beidseits einer Leitung, in dem der AGW im massgebenden Betriebszustand in irgendeiner Höhe über oder unter dem Boden erreicht oder überschritten werden kann. Seine Begrenzung wird durch Projektion der 1 µT-Isolinie (bzw. 1 µT-Isofläche) auf den Boden bestimmt. Diese 1 µT-Isolinie ist in den meisten Fällen mit derjenigen identisch, die bereits für die Bestimmung des Legitimationsperimeters (Kapitel 8.5.1) modelliert wurde. Einzig bei parallelen Leitungen und in Fällen, wo die Phasenbelegung für den massgebenden Betriebszustand nicht optimal ist, erhält man abweichende Isolinien.

Für einen Unterabschnitt einer Leitung, in dem definitionsgemäss (siehe Anhang 1, Kapitel A1-1 und A1-2) dieselben Leitungsstränge, der gleiche massgebende Betriebszustand und die gleiche geometrische Anordnung der Leiter (bei Freileitungen: gleiches Mastbild) vorliegen, muss nur eine einzige 1 µT-Isolinie berechnet werden. Dazu reicht in der Regel eine 2D-Modellierung gemäss Kapitel 8.1.4 aus. Die Projektion dieser Isolinie auf den Boden definiert die Grenzen des Untersuchungsperimeters. Dieser ist entlang des ganzen betreffenden Unterabschnitts gleich breit. Er muss nicht notwendigerweise symmetrisch zur Leitungsachse sein. Beispiele für eine Freileitung finden sich in den Abbildungen 9 und 10, für eine Kabelleitung in Abbildung 8.

Für Unterabschnitte einer Leitung, bei denen die 2D-Modellierung nicht anwendbar ist (siehe dazu Kapitel 8.1.4), muss in der Regel mit einem 3D-Modell die 1 µT-Isofläche berechnet und auf den Boden projiziert werden. In folgenden Fällen lässt sich dies vereinfachen:

- Bei einem Leitungsknick entspricht der Untersuchungsperimeter der grau schraffierten Fläche in Abbildung 6.
- Bei einer Spannweite einer Freileitung, in welcher der Übergang zwischen zwei verschiedenen Mastbildern stattfindet kann der breitere der Untersuchungsperimeter der beiden anschliessenden Spannweiten übernommen werden. Ein Beispiel findet sich in Abbildung 11.

Bei parallelen Leitungen, die gemäss Kapitel 2.1.3 zusammen als eine Anlage gelten, gibt es – im Gegensatz zum Vorgehen für die Bestimmung des Legitimationsperimeters (Kapitel 8.5.1) - nur einen Untersuchungsperimeter. Dieser wird aufgrund der 1 µT-Isolinie der gesamten Anlage unter Berücksichtigung der Lastflussrichtungen im massgebenden Betriebszustand und der aktuellen Phasenbelegung bestimmt. Ein Beispiel findet sich in Abbildung 12. Bei parallelen Leitungen, die als zwei unabhängige Anlagen gelten, gibt es auch zwei unabhängige Untersuchungsperimeter.

Der Untersuchungsperimeter soll in den Übersichts- und Situationsplänen der Leitung eingezeichnet werden.

8.6 Bestimmung der massgebenden Kombination der Lastflussrichtungen

8.6.1 Allgemeines

In diesem Kapitel wird beschrieben, wie die massgebende Kombination der Lastflussrichtungen zweier Leitungsstränge gleicher Frequenz (gleichsinnig bzw. gegenläufig; Kapitel 2.4.2) bestimmt werden kann. Referenzmethode ist das in Kapitel 8.6.2 beschriebene statistische Auswerteverfahren. Bei folgenden Betriebsbedingungen soll auf diese Methode zurückgegriffen werden:

Auf einem oder beiden Leitungssträngen ändert der Lastfluss periodisch oder unregelmässig die Richtung, wobei

- Perioden mit gleichsinnigem und gegenläufigem Betrieb ungefähr gleich häufig vorkommen, oder
- Perioden mit gleichsinnigem Betrieb zwar zeitlich dominieren, die Leitungsstränge jedoch während der selteneren Perioden mit gegenläufigem Betrieb wesentlich höher ausgelastet sind, oder
- Perioden mit gegenläufigem Betrieb zwar zeitlich dominieren, die Leitungsstränge jedoch während der selteneren Perioden mit gleichsinnigem Betrieb wesentlich höher ausgelastet sind.

In vielen Fällen, insbesondere dann, wenn auf keinem der Leitungsstränge Richtungsumkehren vorkommen, erübrigt sich das statistische Auswerteverfahren. Die massgebende Kombination der Lastflussrichtungen steht dort bereits durch die Lastflussrichtungen auf den beiden Leitungssträngen eindeutig fest.

Immer dann jedoch, wenn die Verhältnisse nicht so klar sind, empfiehlt sich die Anwendung des statistischen Auswerteverfahrens. Selbst mit diesem sind allerdings nicht alle Fälle eindeutig entscheidbar. Das Ergebnis der statistischen Auswertung kann daher auch sein, dass die Lastflussrichtungen ungekoppelt, das heisst, dass gleichsinniger und gegenläufiger Betrieb – unter Berücksichtigung der jeweiligen Auslastung – ungefähr gleich stark vertreten sind. Diese Feststellung soll grundsätzlich nur aufgrund der statistischen Auswertung, nicht aufgrund einer bloss qualitativen Einschätzung gemacht werden.

8.6.2 Statistische Auswertung der Lastflussdaten von zwei Leitungssträngen

Für diese Analyse müssen zwei Zeitreihen von Betriebsströmen inklusive Vorzeichen vorliegen, eine für jeden der beiden Leitungsstränge. Diese Zeitreihen müssen bezüglich Zeitbereich und Intervallen zwischen den einzelnen Werten synchronisiert sein. In der Planungsphase müssen solche Zeitreihen simuliert werden. Für die Auswertung des realen Betriebs einer Leitung liegen ihnen Langzeitmessungen der Betriebsparameter zu Grunde.

Das Vorzeichen gibt die Lastflussrichtung an und ist deshalb sehr wichtig. Es muss sichergestellt sein, dass die Vorzeichenkonvention für alle betrachteten Leitungsstränge

einheitlich ist. Darauf muss insbesondere geachtet werden, wenn die Anlage Leitungsstränge verschiedener Anlageinhaber umfasst.

Diese Zeitreihen werden einer linearen Regression unterzogen, wobei die Regressionsgerade durch den Nullpunkt erzwungen wird. Als Ergebnis wird nur der Korrelationskoeffizient *k* weiterverwendet. Dieser wird wie folgt berechnet:

$$k = \frac{\sum_t (I_{1,t} \cdot I_{2,t})}{\sqrt{\left(\sum_t I_{1,t}^2\right)\left(\sum_t I_{2,t}^2\right)}} \qquad (8)$$

Dabei bedeuten:
$I_{1,t}$ Strom auf dem Leitungsstrang 1 zum Zeitpunkt *t* (inkl. Vorzeichen)
$I_{2,t}$ Strom auf dem Leitungsstrang 2 zum Zeitpunkt *t* (inkl. Vorzeichen)
k Korrelationskoeffizient

Der Wert und das Vorzeichen von *k* bestimmen, ob es sich um gleichsinnigen, gegenläufigen oder ungekoppelten Lastfluss handelt:

- $k > 0.2$: gleichsinniger Lastfluss
- $k < -0.2$: gegenläufiger Lastfluss
- *k* zwischen -0.2 und 0.2: Lastflussrichtungen ungekoppelt

Eine EXCEL-Anwendung, in welcher diese Auswertung programmiert ist, befindet sich (inkl. Bedienungsanleitung) zum Herunterladen auf der Homepage des BAFU *(www.bafu.admin.ch/elektrosmog/01100/01108/04391/index.html?lang=de)*. Dieses Programm berechnet zusätzlich zum Korrelationskoeffizienten noch den 98-Perzentilwert des Stromes jedes einzelnen Leitungsstrangs. Diese Kenngrösse ist dann nützlich, wenn zu überprüfen ist, ob eine Strombegrenzung eingehalten ist.

In Anhang 5 finden sich zwei Beispiele, mit denen das Verfahren exemplarisch anhand von 24-Stunden Profilen der Ströme zweier Leitungsstränge illustriert wird.

8.6.3 Prognose in der Planungsphase

Wenn davon auszugehen ist, dass während langer Zeit eine der in Kapitel 8.6.1 genannten Bedingungen eintreten könnte, empfiehlt es sich, bereits in der Planungsphase das statistische Auswerteverfahren anzuwenden. Zu diesem Zweck müssen, soweit dies zum Vornherein möglich ist, typische Lastflussverläufe simuliert werden. Die zu simulierende Periode hängt von der Art des erwarteten Betriebs der betreffenden Leitungsstränge ab. Erwartet man periodische Tagesverläufe, die sich von Tag zu Tag wenig unterscheiden, dann genügt die Simulation für einen typischen 24-Stunden-Tag. Die Werte sollen während der betrachteten Periode in gleichen Zeitabständen simuliert werden.

8.6.4 Bestimmung aufgrund von Betriebsaufzeichnungen

Die Plangenehmigungsbehörde kann im Einzelfall eine Registrierung und Auswertung der Betriebsströme verfügen. Die Messung der Ströme bzw. von Spannungen, Wirk- und Blindleistungen sowie die nötigen Umrechnungen richten sich nach Kapitel 8.2.2. Diese Grössen sollen während eines Jahres kontinuierlich registriert und zu Stundenmittelwerten aggregiert werden. Eine vollständige Zeitreihe für ein Jahr besteht somit für jeden Leitungsstrang aus 8760 Stundenmittelwerten des (vorzeichenbehafteten) Stroms. Mit diesen Zeitreihen wird die statistische Auswertung gemäss Kapitel 8.6.2 durchgeführt.

8.7 Bestimmung der elektrischen Feldstärke

8.7.1 Zweck

Es soll der Effektivwert der elektrischen Feldstärke für denjenigen Betriebszustand bestimmt werden, bei dem sie am höchsten ist. Damit wird die Einhaltung oder Überschreitung des Immissionsgrenzwertes für die elektrische Feldstärke nachgewiesen.

8.7.2 Methoden

Die elektrische Feldstärke unter Freileitungen kann grundsätzlich gemessen oder mit Hilfe von Computerprogrammen modelliert werden. Die Messung niederfrequenter elektrischer Felder ist sehr anfällig auf störende Einflüsse. Generell liegt bisher nur wenig Praxiserfahrung vor. Messungen der elektrischen Feldstärke werden beim heutigen Kenntnisstand deshalb nicht generell empfohlen. Wenn solche durchgeführt werden, dann haben sie vorderhand nur orientierenden Charakter. Die Bestimmung der elektrischen Feldstärke erfolgt daher vorläufig ausschliesslich durch Modellierung.

8.7.3 Betriebszustand EMax

Wie in Kapitel 3.2 ausgeführt ist für die Einhaltung des Immissionsgrenzwerts der (zeitlich und örtlich) höchste Effektivwert der elektrischen Feldstärke massgebend. Die elektrische Feldstärke muss daher für denjenigen Ort und Betriebszustand der Leitung ermittelt werden, bei denen der Höchstwert erreicht wird. Dieser Betriebszustand wird im Folgenden als Betriebszustand mit maximaler elektrischer Feldstärke (Betriebszustand EMax) bezeichnet. Er ist einer NIS-Modellierung ohne Weiteres zugänglich, bei einer Messung würde man den zeitlichen Höchstwert hingegen nur zufällig antreffen, da der Betrieb der Leitung zum Zweck einer Messung nicht beeinflusst werden kann.

Der Betriebszustand EMax liegt vor

- bei der höchsten Betriebsspannung,
- bei maximalem Durchhang der Leiter
- je nach Phasenbelegung bei teilweise abgeschalteten Leitungssträngen.

Die drei Bedingungen sind kumulativ. Sie werden nachstehend detailliert erläutert:

- Die elektrische Feldstärke ist, bei gegebener Leiterkonfiguration, direkt proportional zur Spannung der Leitung. Es wird zwischen der Nennspannung und der höchsten Betriebsspannung[37] unterschieden, wobei die Leitung in der Regel knapp unter der höchsten Betriebsspannung betrieben wird. Bei 380 kV-Leitungen beträgt die Nennspannung 380 kV, die höchste Betriebsspannung 420 kV. Bei der Modellierung der elektrischen Feldstärke ist die höchste Betriebsspannung einzusetzen.
- Die elektrische Feldstärke unter einer Leitung nimmt mit zunehmendem Durchhang der Leiter zu. Für die Modellierung der elektrischen Feldstärke sind die Leiterpositionen gemäss den genehmigten oder zur Genehmigung vorgelegten Längenprofilen zu verwenden.
- Bei zweisträngigen Leitungen kompensieren oder verstärken sich, je nach Phasenbelegung, die elektrischen Felder der einzelnen Stränge gegenseitig. Wird bei einer kompensierenden Phasenbelegung nun ein Strang spannungsfrei geschaltet oder auf niedrigerer Spannung betrieben, dann entfällt die kompensierende Wirkung ganz oder teilweise und die elektrische Feldstärke wird höher, als wenn beide Stränge unter Spannung stünden.

  Bei der Modellierung der elektrischen Feldstärke von zweisträngigen Leitungen, deren Phasenbelegung für das elektrische Feld kompensierend wirkt, ist daher ein Leitungsstrang als spannungsfrei anzunehmen. Bei mehrsträngigen Leitungen mit kompensierender Phasenbelegung sind ein oder mehrere Stränge als spannungsfrei anzunehmen. Welche Stränge dies sind, ist im Einzelfall so zu wählen, dass am Ort der Modellierung die höchste elektrische Feldstärke resultiert.

8.7.4 Ort der Bestimmung

Die elektrische Feldstärke ist für denjenigen zugänglichen Ort zu bestimmen, an dem sie am höchsten ist. Welche Orte als zugänglich gelten, ist in Kapitel 2.8 näher ausgeführt. Dieses örtliche Maximum tritt im Freien, in der Regel direkt unter der Leitung, am Ort des kleinsten Bodenabstandes der Leitung, auf[38]. Dies ist bei ebenem Gelände in der Spannweitenmitte zwischen zwei Masten der Fall, bei hügeligem Gelände ist dieser Punkt anhand der Leitungspläne (Längenprofile) zu bestimmen.

Die elektrische Feldstärke ist für eine Höhe von 1 m über zugänglichem Boden im Freien zu bestimmen.

[37] Vgl. Anhang 3 Starkstromverordnung.

[38] Dies gilt, wenn keine Gebäude oder andere erhöhte, zugängliche Strukturen unter oder in unmittelbarer Nähe der Leitung stehen. Sollte dies ausnahmsweise der Fall sein, dann befindet sich der Ort mit höchster elektrischer Feldstärke unter Umständen an oder auf einem solchen Gebäude (z.B. Balkon, Dachterrasse). Im Innern von Gebäuden hingegen wird das elektrische Feld deutlich abgeschwächt, so dass sich dort eine Bestimmung der elektrischen Feldstärke in jedem Fall erübrigt.

8.7.5 Modellierung der elektrischen Feldstärke

Die elektrische Feldstärke wird mit Computerprogrammen gemäss einschlägigen technischen Normen[39] für eine Höhe von 1 m über Boden modelliert und als Querprofil dargestellt. Eine 2D-Modellierung ist in der Regel ausreichend. Erdseile sind in die Modellierung einzuschliessen. Als Betriebsbedingungen sind diejenigen für den Betriebszustand EMax gemäss Kapitel 8.7.3 einzusetzen. Leitungsstränge, die für den Betriebszustand EMax als spannungsfrei angenommen werden, sind in die Modellierung einzubeziehen und als geerdet zu modellieren.

Auf eine detaillierte Modellierung der Topografie kann verzichtet werden. Geneigtes Gelände wird durch eine schiefe Ebene angenähert, die die Geländeneigung am Untersuchungsort wiedergibt. Allfälliger Pflanzenbewuchs wird nicht modelliert.

Feldstärkeprofile für Standardkonfigurationen von Freileitungen finden sich auf der Homepage des BAFU[40].

Wenn die modellierte elektrische Feldstärke am höchstbelasteten OKA kleiner oder gleich dem IGW ist, dann gilt dieser als eingehalten. Andernfalls ist er überschritten.

Die Behandlung von besonderen Situationen, z.B. Gebäude neben/unter der Leitung oder coupiertes Gelände (Kreten) wird aufgeschoben, bis nachgewiesener Bedarf besteht.

[39] Z.B. DIN/VDE 0848–1, 2000–8: Sicherheit in elektrischen, magnetischen und elektromagnetischen Feldern; Teil 1: Definitionen, Mess- und Berechnungsverfahren, Abschnitt 5.1.

[40] *www.bafu.admin.ch/elektrosmog/01100/01108/04391/index.html?lang=de*

> Anhang 1

A1 Standortdatenblatt für Hochspannungsleitungen

A1-1 Struktur des Standortdatenblattes

Das Standortdatenblatt kommt zur Anwendung, wenn eine Anlage neu erstellt oder eine bestehende Anlage im Sinn der NISV geändert werden soll. Die entsprechenden Definitionen finden sich in Kapitel 2.5 (neue und alte Anlagen) und 2.6 (Änderung einer alten Anlage), die vorsorglichen Emissionsbegrenzungen der NISV in Kapitel 3.1.

Der zu beurteilende Leitungsabschnitt wird für die NIS-Abklärung in Unterabschnitte unterteilt. Ein Unterabschnitt ist ein zusammenhängendes Leitungsstück, für das die folgenden Merkmale konstant sind:

- Status gemäss NISV (neue Anlage; Änderung einer neuen Anlage; Änderung einer alten Anlage)
- Leitungsstränge
- Massgebender Betriebszustand
- Geometrische Anordnung der Leiter (bei Freileitungen bedeutet dies: gleiches Mastbild)

Gibt es entlang des zu beurteilenden Leitungsabschnitts zwei oder mehr nicht zusammenhängende Teilstücke, die in diesen vier Merkmalen übereinstimmen, dann können sie zusammengefasst und als ein Unterabschnitt behandelt werden.

Wenn der ganze zu beurteilende Leitungsabschnitt bezüglich dieser Merkmale einheitlich ist, ist eine Unterteilung in Unterabschnitte nicht nötig.

Das Standortdatenblatt besteht aus

- dem Hauptteil (Ziffern 1 bis 4). Dieser ist für alle Leitungen auszufüllen. Er fasst die wesentlichen Ergebnisse der Zusatzblätter zusammen.
- den Zusatzblättern 1 bis 4. Auswahl und Anzahl richten sich nach der Art des Projekts.
- Beilagen, insb. Übersichtsplänen, Querprofilen der magnetischen Flussdichte und elektrischen Feldstärke, Bestimmung des Legitimationsperimeters. Die Art und Anzahl der Beilagen richten sich nach dem jeweiligen Projekt.

Die NIS-Abklärung wird für jeden Unterabschnitt separat vorgenommen. Zu jedem Unterabschnitt gehören ein Zusatzblatt 1, 2 oder 3, sowie ein Übersichtsplan und weitere Beilagen. Welches Zusatzblatt auszufüllen ist, hängt von der Art der Anlage, vom Status gemäss NISV (neue Anlage; Änderung einer neuen Anlage; Änderung

einer alten Anlage) und vom Ergebnis der Abklärung ab. Eine Entscheidhilfe findet sich in Abbildung 13.

Am wenigsten Aufwand erfordert die Grobabklärung, welche in Zusatzblatt 1 implementiert ist. Diese ist jedoch nur für gewisse 1- oder 2-strängige Leitungen[41] anwendbar. Das Zusatzblatt 1 soll nur verwendet werden, wenn nachgewiesen werden kann, dass der im betreffenden Unterabschnitt nächstgelegene OMEN den Richtabstand einhält. In allen anderen Fällen ist entweder das Zusatzblatt 2 oder 3 zu verwenden.

Bei einer 380 kV-Freileitung ist zusätzlich noch das Zusatzblatt 4 einzureichen, mit dem die Einhaltung des IGW nachgewiesen wird.

Die Anzahl Zeilen in den Tabellen des Standortdatenblatts und der Zusatzblätter soll dem jeweiligen Projekt angepasst werden. Tabellen, die gänzlich leer bleiben würden, können weggelassen werden.

Ein Word-Formular des Standortdatenblattes, bei der sich die Grösse der Tabellenzeilen automatisch an die Länge der Einträge anpasst, kann von der Homepage des BAFU *(www.bafu.admin.ch/elektrosmog/01100/01108/04391/index.html?lang=de)* heruntergeladen werden. Zum Ausfüllen von Standortdatenblättern soll nur diese Formularvorlage verwendet werden.

Im ganzen Standortdatenblatt, in den Zusatzblättern, Übersichtsplänen und Berechnungsbeilagen ist auf konsistente Bezeichnung/Nummerierung der Unterabschnitte, Leitungsstränge und OMEN zu achten. Unterabschnitte werden mit Grossbuchstaben, Leitungsstränge mit geeigneten Abkürzungen, OMEN mit Ziffern bezeichnet.

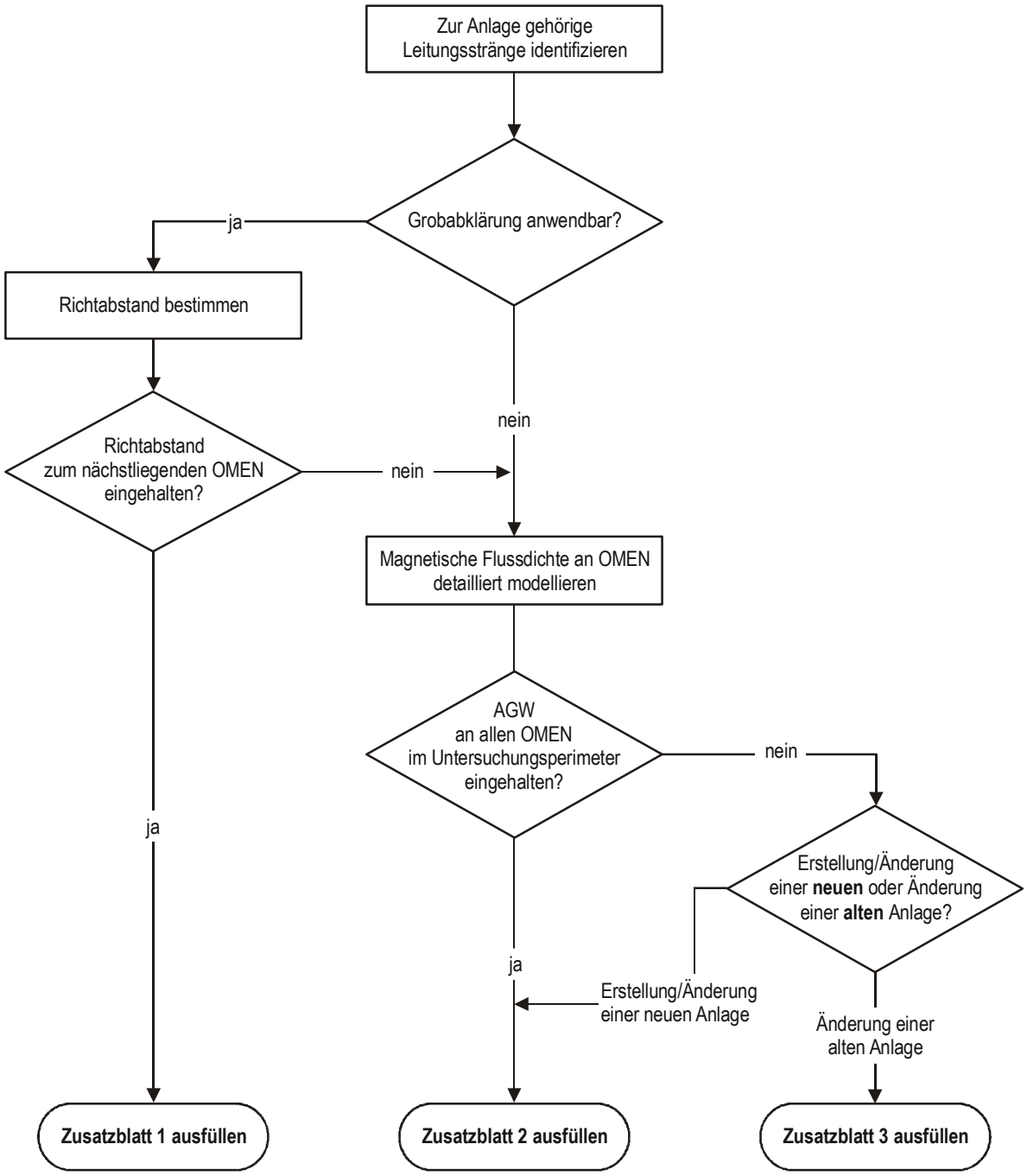
Das Standortdatenblatt wird von Vorteil in folgender Reihenfolge ausgefüllt:

1. Deckblatt, Ziffern 1 und 2 des Hauptteils
2. Pro Unterabschnitt ein Zusatzblatt 1, 2 oder 3 inklusive Beilagen mit den Ergebnissen der Modellierung, sowie Übersichts- und Situationspläne
3. Bei 380 kV-Freileitungen ein Zusatzblatt 4
4. Übertrag der Ergebnisse der Zusatzblätter in Ziffern 3.1 bis 3.3 des Hauptteils
5. Ziffer 4 des Hauptteils und Verzeichnis der Beilagen

[41] Darunter fallen auch zwei parallele Leitungen mit je nur einem Leitungsstrang, die zusammen als eine Anlage gelten (Kapitel 2.1.3).

Abb. 13 > Auswahl des auszufüllenden Zusatzblattes.

Für jeden Unterabschnitt individuell abzuklären.



A1-2 Beispiele

Nachstehend wird anhand von drei Beispielen illustriert, wie ein Projekt in Unterabschnitte gegliedert wird und welche Zusatzblätter einzureichen sind.

A1-2.1 Beispiel 1

Neuerstellung einer 2-strängigen 220 kV-Freileitung auf einem neuen Trassee. Mast 1 bis 10: Tonnenmastbild; Mast 11–15: Donaumastbild; Mast 16 bis 20: Tonnenmastbild. Thermischer Grenzstrom für beide Leitungsstränge: 1920 A.

Unterabschnitte

Es liegen vier Unterabschnitte vor:

- Unterabschnitt A: Mast 1 bis 10 sowie 16 bis 20: Tonnenmastbild
- Unterabschnitt B: Mast 10 bis 11: Übergang von Tonnen- zu Donaumastbild
- Unterabschnitt C: Mast 11 bis 15: Donaumastbild
- Unterabschnitt D: Mast 15 bis 16: Übergang von Donau- zu Tonnenmastbild

Alle vier Unterabschnitte haben den Status einer neuen Anlage. Der thermische Grenzstrom liegt über 750 A, die Grobabklärung mit Hilfe des Zusatzblattes 1 ist deshalb nicht anwendbar.

Zusatzblätter

Es sind vier Zusatzblätter 2 (je eines für jeden Unterabschnitt) einzureichen.

A1-2.2 Beispiel 2

Zwischen den Punkten X und Z soll eine einsträngige 110 kV-Kabelleitung mit Einleiterkabeln in getrennten Rohren erstellt werden. Zwischen X und Y werden die neuen Leiter in bereits vorhandene, noch leere Rohre neben einer bestehenden einsträngigen Kabelleitung (Plangenehmigung vor 1.2.2000) eingezogen; zwischen Y und Z wird ein neuer Rohrblock erstellt, der sich von der bestehenden Kabelleitung entfernt.

Unterabschnitte

Es liegen zwei Unterabschnitte vor, die sich in ihrem Status und der Anzahl von Leitungssträngen unterscheiden:

- Unterabschnitt A: X bis Y. Der alte und der projektierte Leitungsstrang bilden zusammen eine Anlage. Es handelt sich um die Änderung der alten Anlage.
- Unterabschnitt B: Y bis Z: Es handelt sich um die Erstellung einer neuen Anlage.

Zusatzblätter

Leitergeometrie und thermische Grenzströme liegen in einem Bereich, der die Anwendung der Grobabklärung (Zusatzblatt 1) grundsätzlich erlaubt.

Für jeden der beiden Unterabschnitte ist ein Zusatzblatt auszufüllen:

- Unterabschnitt A (Änderung einer alten Anlage): Die Vorabklärung ergibt, dass der Richtabstand am nächstgelegenen OMEN nicht eingehalten ist und dass die magne-

tische Flussdichte auch bei detaillierter Modellierung an einigen OMEN über dem AGW liegt. Es ist deshalb das Zusatzblatt 3 auszufüllen.

> Unterabschnitt B (neue Anlage): Die Vorabklärung ergibt, dass der Richtabstand am nächstgelegenen OMEN eingehalten ist. Dies kann mit dem Zusatzblatt 1 dokumentiert werden.

A1-2.3 Beispiel 3

Zwischen den Punkten X und Z soll eine neue Freileitung mit einem 220 kV- und einem 380 kV-Strang erstellt werden. Auf halber Strecke, beim Punkt Y, befindet sich ein nur in den 220 kV-Strang eingeschlauftes Unterwerk. Mastbild, Leiterquerschnitte und Phasenbelegung sind über den ganzen Leitungsabschnitt unverändert. Hingegen prognostiziert der Leitungsinhaber auf den beiden Unterabschnitten eine unterschiedliche massgebende Kombination der Lastflussrichtungen: gleichsinnig zwischen X und Y; ungekoppelt zwischen Y und Z.

Unterabschnitte

Es liegen zwei Unterabschnitte vor, die sich in ihrem massgebenden Betriebszustand unterscheiden. Bei beiden handelt es sich um die Erstellung einer neuen Anlage.

> Unterabschnitt A: X bis Y. Lastfluss gleichsinnig
> Unterabschnitt B: Y bis Z: Lastflussrichtungen ungekoppelt

Zusatzblätter

Leitergeometrie und thermische Grenzströme liegen in einem Bereich, der die Anwendung der Grobabklärung (Zusatzblatt 1) nicht erlaubt.

> Zwei Zusatzblätter 2, je eines pro Unterabschnitt
> Ein Zusatzblatt 4 (Elektrische Feldstärke am höchstbelasteten OKA)

A1-3 Anleitung zum Ausfüllen des Standortdatenblattes

A1-3.1 Deckblatt

Bezeichnung der Leitung

Die (grösserräumige) Bezeichnung der Leitung.

Zu beurteilender Leitungsabschnitt

Bezeichnung des im vorliegenden Standortdatenblatt behandelten Leitungsabschnittes.

Beispiele
- Mast 10 bis 20
- Unterwerk P bis Landesgrenze

Anlass für die NIS-Abklärung

Das Vorhaben oder Ereignis, das die Erstellung oder Aktualisierung des Standortdatenblattes erforderlich macht.

Mögliche Einträge:
- Neuerstellung
- Ersatz der Leiter durch Zweierbündel
- Auflegen eines zusätzlichen Leitungsstrangs
- Einzug eines zusätzlichen Leitungsstrangs
- Verschiebung der Masten m bis n
- Erhöhung der Masten a bis b
- Neufestlegung der massgebenden Kombination der Lastflussrichtungen
- etc.

Es kann mehr als ein Anlass/Ereignis angegeben werden, wenn das Vorhaben für verschiedene Unterabschnitte unterschiedlich ist.

A1-3.2 Hauptteil (Ziffern 1 bis 4)

Der Hauptteil des Standortdatenblattes ist bei allen Projekten auszufüllen. Er ist ein Extrakt der Zusatzblätter, dient der schnellen Übersicht über die Einhaltung oder Nichteinhaltung der Anforderungen der NISV und weist auf Gegebenheiten hin, die eventuell eine Registrierung des Betriebs oder Abnahmemessungen erfordern.

A1-3.2.1 Zu Ziffer 2: Unterabschnitte für die NIS-Abklärung

Der zu beurteilende Leitungsabschnitt wird soweit erforderlich für die NIS-Abklärung in Unterabschnitte unterteilt. Die Kriterien für die Unterteilung und Beispiele finden sich in Kapitel A1-1 und A1-2.

Zu einzelnen Spalten der Tabelle

Vorhaben

Gleiche Liste wie unter «Anlass für die NIS-Abklärung» (Kapitel A1-3.1), hier jedoch auf den einzelnen Unterabschnitt zu beziehen.

Status nach NISV

Mögliche Einträge:
- neue Anlage
- Änderung einer neuen Anlage
- Änderung einer alten Anlage

Was als neue Anlage gilt, ist in Kapitel 2.5 der Vollzugshilfe, was als Änderung einer alten Anlage gilt, in Kapitel 2.6 detailliert beschrieben. Der Status eines Unterabschnittes entscheidet darüber, welche vorsorglichen Emissionsbegrenzungen der NISV anwendbar sind.

A1-3.2.2 Zu Ziffer 3: Ergebnis

Die Angaben, die unter dieser Ziffer zu machen sind, werden den Zusatzblättern 1 bis 3 entnommen.

A1-3.2.3 Zu Ziffer 3.1: Vorsorgliche Emissionsbegrenzungen eingehalten

In der Tabelle werden diejenigen Unterabschnitte eingetragen, bei denen die vorsorglichen Emissionsbegrenzungen an allen OMEN eingehalten werden können. Der Nachweis erfolgt im Detail für jeden Unterabschnitt mit dem zugehörigen Zusatzblatt und allfälligen Beilagen.

Zu einzelnen Spalten der Tabelle

Zusatzblatt

Angabe, mit welchem Zusatzblatt für den betreffenden Unterabschnitt der Nachweis geführt wird. Mögliche Einträge: «1», «2» oder «3».

Strombegrenzung vorgesehen

Wenn im zugehörigen Zusatzblatt 2 bzw. 3 der massgebende Strom niedriger ist als der thermische Grenzstrom, wird hier für den betreffenden Unterabschnitt ein Kreuz (x)

eingetragen. Wird für die Abklärung das Zusatzblatt 1 verwendet, darf keine Strombegrenzung vorgesehen werden.

Massgebende Kombination der Lastflussrichtungen unsicher

Wenn im zugehörigen Zusatzblatt 2 bzw. 3 die massgebende Kombination der Lastflussrichtungen als unsicher bezeichnet ist, wird hier für den betreffenden Unterabschnitt ein Kreuz (x) eingetragen.

A1-3.2.4 Zu Ziffer 3.2: Vorsorgliche Emissionsbegrenzungen nicht eingehalten

In der Tabelle werden alle OMEN aufgeführt, bei denen die vorsorglichen Emissionsbegrenzungen nicht eingehalten werden können. Der Nachweis erfolgt im Detail im zugehörigen Zusatzblatt 2 bzw. 3 und den jeweiligen Beilagen. Für jeden OMEN muss eine Ausnahme beantragt und begründet werden (Kapitel 3.1.4).

Zu einzelnen Spalten der Tabelle

OMEN Nr., Unterabschnitt, Lage; Beschreibung/Nutzung werden vom Zusatzblatt 2 bzw. 3 übernommen.

Magnetische Flussdichte

Der Wert für *Projekt* wird vom betreffenden Zusatzblatt übernommen. Ein Wert für *Ausgangszustand* muss nur eingetragen werden, wenn es sich um die Änderung einer alten Anlage handelt (Dokumentation in Zusatzblatt 3).

Strombegrenzung vorgesehen

Wenn im zugehörigen Zusatzblatt 2 bzw. 3 der massgebende Strom niedriger ist als der thermische Grenzstrom, wird hier für die betreffenden OMEN ein Kreuz (x) eingetragen.

Massgebende Kombination der Lastflussrichtungen unsicher

Wenn im zugehörigen Zusatzblatt 2 bzw. 3 die massgebende Kombination der Lastflussrichtungen als unsicher bezeichnet ist, wird hier für die betreffenden OMEN ein Kreuz (x) eingetragen.

A1-3.2.5 Zu Ziffer 3.3: Immissionsgrenzwert (IGW) für die elektrische Feldstärke

Hier wird zuerst festgestellt, ob ein detaillierter Nachweis erforderlich ist. Ist dies der Fall, muss ein Zusatzblatt 4 ausgefüllt und das Ergebnis von dort übertragen werden.

A1-3.3 Zusatzblatt 1
Einhaltung des AGW am nächstliegenden OMEN: Grobabklärung

A1-3.3.1 Allgemeines

Mit diesem Zusatzblatt wird eine Grobabklärung gemäss Kapitel 8.3 vorgenommen. Diese ist vor allem für Unterabschnitte nützlich, bei denen die OMEN einen beträchtlichen Abstand zur Anlage haben. Das Verfahren geht bezüglich Leiteranordnung, Lastflussrichtungen und Phasenbelegung vom ungünstigsten Fall aus. Das Ergebnis ist ein Richtabstand r vom geometrischen Schwerpunkt eines Leitungsstrangs, in dem der AGW mit Sicherheit eingehalten ist.

Wegen der impliziten Annahmen darf diese Grobabklärung nur unter folgenden Bedingungen angewandt werden:

- 1- oder 2-strängige Anlage
- thermische Grenzströme bis 750 A
- Abstand q zwischen den am weitesten voneinander entfernten Leitern desselben Leitungsstranges/Schleife: maximal 620 cm

Ein Zusatzblatt 1 soll nur eingereicht werden, wenn damit gezeigt werden kann, dass der nächstliegende OMEN den Richtabstand tatsächlich einhält. Ist dies nicht der Fall, dann ist für den betreffenden Unterabschnitt ein Zusatzblatt 2 oder 3 auszufüllen.

A1-3.3.2 Zu Ziffer 1: Verzeichnis der Leitungsstränge

In der Tabelle werden die zur Anlage gehörigen Leitungsstränge bzw. Schleifen aufgeführt. Im Falle von parallelen Leitung ist gemäss den Verfahren von Kapitel 2.1.3 zu prüfen und in einer Beilage zu dokumentieren, welche Leitungsstränge zusammen als eine Anlage gelten.

Zu einzelnen Spalten der Tabelle

Leitungstyp

Mögliche Einträge:
- Freileitung
- Kabelleitung

A1-3.3.3 Zu Ziffer 2: Thermische Grenzströme

In der Tabelle wird der thermische Grenzstrom pro Leitungsstrang eingetragen. Sind bei einer 2-strängigen Leitung die beiden Grenzströme verschieden, so gilt für die Bestimmung des Richtabstandes der höhere Wert.

A1-3.3.4 Zu Ziffer 3: Richtabstand und Legitimationsabstand

Leiteranordnung

Die Leiteranordnung ist in einer Beilage grafisch darzustellen. Aus der Darstellung soll der Abstand *q* zwischen den am weitesten voneinander entfernten Leitern eines Leitungsstrangs/einer Schleife ersichtlich sein. Dieser Abstand ist hier einzutragen. Sind bei einer zweisträngigen Leitung die betreffenden Abstände für die beiden Leitungsstränge verschieden, so wird der höhere Wert übertragen.

Richtabstand *r*

Der Richtabstand *r* wird der zutreffenden Referenztabelle (einsträngig bzw. zweisträngig) von Ziffer 3 des Zusatzblattes 1 entnommen.

Legitimationsabstand

Der Legitimationsabstand beträgt das Doppelte des Richtabstands, mindestens jedoch 20 m. Er ist im Übersichtsplan als Korridor (Legitimationsperimeter) einzuzeichnen.

A1-3.3.5 Zu Ziffer 4: Nächstliegender OMEN

Auf dem betreffenden Unterabschnitt ist der der Leitung nächstliegende OMEN zu identifizieren. Massgebend ist der direkte Abstand (Schrägabstand) zwischen dem OMEN und dem geometrischen Schwerpunkt des (näher liegenden) Leitungsstrangs. Dieser OMEN ist zu beschreiben. Wenn er innerhalb des Legitimationsperimeters liegt, ist er ausserdem in einer Beilage, zusammen mit der Leitung, als Querprofil zu dokumentieren. Der Direktabstand dieses OMEN zum (näher liegenden) Leitungsstrang ist in diesem Querprofil einzutragen.

Gibt es im betreffenden Unterabschnitt mehrere «nächstliegende» OMEN in gleichem Abstand von der Leitung, dann soll dies vermerkt werden. Stellvertretend ist einer davon auszuwählen und zu dokumentieren.

A1-3.3.6 Zu Ziffer 5: Ergebnis

Das Zusatzblatt 1 soll nur eingereicht werden, wenn beim nächstliegenden OMEN der Richtabstand eingehalten ist. Dieses Ergebnis wird in Ziffer 3.1 des Hauptteils des Standortdatenblattes übertragen.

A1-3.3.7 Beilagen

- Übersichtsplan mit Legitimationsperimeter
- Plan der Leiteranordnung
- Wenn der nächstliegende OMEN innerhalb des Legitimationsperimeters liegt: Querprofil durch den nächstliegenden OMEN.
- Bei parallelen Leitungen: Identifizierung der zur Anlage gehörigen Leitungsstränge

A1-3.4 Zusatzblatt 2
Magnetische Flussdichte an OMEN: Projektierte Anlage

A1-3.4.1 Allgemeines

In diesem Zusatzblatt wird die magnetische Flussdichte der projektierten Anlage an allen OMEN, die im betrachteten Unterabschnitt innerhalb des Untersuchungsperimeters liegen, detailliert modelliert. Es ist grundsätzlich bei allen Vorhaben anwendbar. Wenn es sich im betreffenden Unterabschnitt allerdings um die Änderung einer alten Anlage handelt und der AGW nicht an allen OMEN eingehalten werden kann, dann reichen die Angaben in diesem Zusatzblatt für eine abschliessende Beurteilung nicht aus. In diesem Fall soll anstelle des Zusatzblattes 2 das Zusatzblatt 3 eingereicht werden (vgl. Abb. 13).

A1-3.4.2 Zu Ziffer 1: Verzeichnis der Leitungsstränge

Siehe Kapitel A1-3.3.2

A1-3.4.3 Zu Ziffer 2: Massgebende Ströme

In der Tabelle werden für jeden Leitungsstrang der thermische Grenzstrom und der massgebende Strom (Kapitel 2.4.1) eingetragen. Ist der massgebende Strom niedriger als der thermische Grenzstrom, ist dies unter «Bemerkungen» zu begründen. In Ziffer 3.1 bzw. 3.2 des Hauptteils des Standortdatenblattes ist ein entsprechender Vermerk zu machen.

Falls ein Leitungsstrang infolge von Spannungstransformationen einen starren, von 0 oder 180 Grad verschiedenen Phasenwinkel aufweist, ist dies in der Spalte «Bemerkung» der Tabelle anzugeben (inklusive dem Wert der Phasenverschiebung). Siehe dazu auch Fussnote 23.

A1-3.4.4 Zu Ziffer 3: Massgebende Kombination der Lastflussrichtungen

Diese Ziffer muss für Anlagen ausgefüllt werden, die zwei oder mehr Leitungsstränge gleicher Frequenz enthalten. Ausführliche Hintergrundinformationen zu dieser betrieblichen Angabe finden sich in den Kapiteln 2.4.2 und 8.6.

In der Tabelle «50 Hz-Stränge» ist für jedes Paar von 50 Hz-Strängen, die in der Tabelle unter Ziffer 1 aufgeführt sind, eine Zeile auszufüllen. Analoges gilt für die 16.7 Hz-Schleifen unter sich. Kombinationen zwischen zwei Strängen unterschiedlicher Frequenz fallen nicht in Betracht.

Bei zwei Strängen gibt es einen Eintrag (ein Paar), bei drei Strängen deren drei, bei vier Strängen sechs Paare etc.

Zu einzelnen Spalten der Tabellen

Massgebende Kombination der Lastflussrichtungen

Mögliche Einträge:
- > gleichsinnig
- > gegenläufig
- > ungekoppelt

Grundlage

Hier ist anzugeben, ob es sich bei der angegebenen Kopplung um eine qualitative Einschätzung handelt oder ob sie aufgrund einer Simulation und statistischen Auswertung von Lastflussdaten gemäss Kapitel 8.6.3 prognostiziert wird. Ist letzteres der Fall, dann soll das Ergebnis der statistischen Analyse beigelegt und in der Tabelle auf diese Beilage verwiesen werden.

Sicherheit des Ergebnisses

Mögliche Einträge:
- > *«sicher»:* Aufgrund der Funktion der beiden Leitungsstränge im Netz kann davon ausgegangen werden, dass die angegebene Kombination der Lastflussrichtungen über lange Zeit vorherrschen wird.
- > *«unsicher»:* Es muss damit gerechnet werden, dass die angegebene Kombination der Lastflussrichtungen nicht sehr robust ist und in Zukunft ändern könnte. Wird ein solcher Eintrag gemacht, ist dies in Ziffer 3.1 bzw. 3.2 des Hauptteils des Standortdatenblattes zu vermerken.

A1-3.4.5 Zu Ziffer 4: Legitimations- und Untersuchungsperimeter

Die Ausdehnung des Legitimationsperimeters ist gemäss Kapitel 8.5.1, diejenige des Untersuchungsperimeters gemäss Kapitel 8.5.2 zu bestimmen. Diese Bestimmungen sind in Beilagen (in der Regel Querprofile mit Isoliniendarstellung der magnetischen Flussdichte) zu dokumentieren.

Beide Perimeter sollen im Übersichtsplan als Korridore eingezeichnet werden.

A1-3.4.6 Zu Ziffer 5: Magnetische Flussdichte an den OMEN innerhalb des Untersuchungsperimeters

Es soll für alle OMEN, die sich ganz oder teilweise innerhalb des Untersuchungsperimeters befinden, eine Aussage über die magnetische Flussdichte im massgebenden Betriebszustand gemacht werden. Dazu ist die magnetische Flussdichte gemäss Kapitel 8.1.4 zu modellieren. Das Ergebnis wird in Form von Querprofilen mit Isoliniendarstellung in Beilagen dokumentiert. Darin sollen die Leiterpositionen, die Phasenbelegung und die 1 µT-Isolinie, sowie ein oder mehrere OMEN in ihrer korrekten relativen Lage zu den Leitern abgebildet werden. Dabei erhält man zwei Gruppen von OMEN:

- > OMEN, bei denen der AGW überschritten ist. Für solche ist ein detaillierter Situationsplan und ein individuelles, situationsspezifisches Querprofil (Isolinie) der magnetischen Flussdichte beizulegen. Die magnetische Flussdichte an diesem OMEN ist explizit zu berechnen und anzugeben.

> OMEN, bei denen der AGW eingehalten ist. Diese liegen zwar innerhalb des Untersuchungsperimeters, aber ausserhalb der 1 µT-Isolinie. Für solche ist eine individuelle Modellierung der magnetischen Flussdichte nicht nötig. Es muss lediglich gezeigt werden, dass sie ausserhalb der 1 µT-Isolinie liegen. Zu diesem Zweck können mehrere OMEN in dasselbe Querprofil aufgenommen werden, selbst wenn sie sich in verschiedenen Spannweiten befinden. Wichtig ist einzig, dass sie in der Darstellung relativ zu den Leiterpositionen seitlich und in der Höhe richtig positioniert sind.

Zu einzelnen Spalten der Tabelle

OMEN Nr.

Die OMEN sind mit einer eindeutigen Nummer in der Tabelle, in den Querprofilen sowie im Übersichts- und Situationsplan zu bezeichnen.

Lage

Hier soll eine Angabe gemacht werden, die das Auffinden des betreffenden OMEN auf dem Übersichtsplan erleichtert. Beispielsweise:

> Adresse
> zwischen Mast a und b
> bei km x etc.

Beschreibung/Nutzung

Eine Beschreibung des Objekts, die zeigt, dass es sich um eine im Sinn der NISV empfindliche Nutzung handelt.

Magnetische Flussdichte

Für diejenigen OMEN, bei denen der AGW eingehalten ist, genügt die Angabe «≤ 1 µT». Für OMEN, bei denen der AGW überschritten ist, ist der modellierte Wert der magnetischen Flussdichte einzutragen.

Querprofil

Verweis auf diejenige Beilage, in der die Modellierung der magnetischen Flussdichte für den betreffenden OMEN dokumentiert ist.

A1-3.4.7 Zu Ziffer 6: Ergebnis

Das Zutreffende ist anzukreuzen. Ist der AGW an allen OMEN eingehalten, dann wird dieses Ergebnis in Ziffer 3.1 des Hauptteils übertragen.

Kann der AGW an einem oder mehreren OMEN nicht eingehalten werden, sind die betreffenden OMEN in Ziffer 3.2 des Hauptteils zu übertragen und es ist Antrag auf eine Ausnahmebewilligung zu stellen und zu begründen (Kapitel 3.1.4). Dies soll nur für Unterabschnitte mit Status «neue Anlage» oder «Änderung einer neuen Anlage» erfolgen. Handelt es sich hingegen um die Änderung einer alten Anlage, ist bei Überschreitung des AGW das Zusatzblatt 3 zu verwenden.

A1-3.4.8 Beilagen

- Übersichtsplan mit Legitimations- und Untersuchungsperimeter. Der Massstab ist so zu wählen, dass die beiden Perimeter gut ersichtlich sind. Alle OMEN innerhalb des Untersuchungsperimeters sind im Plan zu markieren und mit einer eindeutigen Nummer zu bezeichnen.
- Situationspläne für diejenigen OMEN, bei denen der AGW überschritten ist.
- Bestimmung des Legitimationsperimeters
- Querprofile mit Isoliniendarstellung der magnetischen Flussdichte
- Bei parallelen Leitungen: Identifizierung der zur Anlage gehörigen Leitungsstränge
- optional: Simulation und statistische Auswertung von Lastflussdaten

A1-3.5 Zusatzblatt 3
Magnetische Flussdichte an OMEN: Projektierte Anlage und Ausgangszustand

A1-3.5.1 Allgemeines

Dieses Zusatzblatt soll dann eingereicht werden, wenn es sich beim geplanten Vorhaben um die Änderung einer alten Anlage handelt und der AGW im betreffenden Unterabschnitt nicht an allen OMEN eingehalten werden kann. Es wird für jeden OMEN im Untersuchungsperimeter eine Aussage über die magnetische Flussdichte gemacht. Für OMEN innerhalb der 1 μT-Isolinie muss die magnetische Flussdichte sowohl für den projektierten als auch für den Ausgangszustand berechnet werden.

Das Zusatzblatt 3 folgt in Aufbau und Inhalt dem Zusatzblatt 2, verlangt jedoch zusätzlich die technischen Angaben und teilweise die Modellierung der magnetischen Flussdichte auch für den Ausgangszustand. Die Anleitung zum Ausfüllen von Zusatzblatt 2 (Kapitel A1-3.4) gilt sinngemäss auch hier. Nachstehend sind nur Präzisierungen und Ergänzungen angeführt.

A1-3.5.2 Zu Ziffer 4: Legitimations- und Untersuchungsperimeter

Die beiden Perimeter sind für die projektierte, nicht für die bestehende Anlage zu bestimmen.

A1-3.5.3 Zu Ziffer 5: Magnetische Flussdichte an den OMEN innerhalb des Untersuchungsperimeters

Zu einzelnen Spalten der Tabelle

Magnetische Flussdichte (Ausgangszustand)

Eine Angabe ist nur nötig, wenn die magnetische Flussdichte der projektierten Anlage den AGW überschreitet.

NISV eingehalten

«NISV eingehalten» ist eine Kurzform für «vorsorgliche Emissionsbegrenzungen der NISV eingehalten». Mögliche Einträge sind:

- *«ja»:* Dies ist dann der Fall, wenn eine der beiden Bedingungen zutrifft:
  - Die projektierte Anlage hält den AGW ein
  - Die projektierte Anlage überschreitet den AGW, die magnetische Flussdichte ist jedoch nicht höher als im Ausgangszustand.
- *«nein»:* Die projektierte Anlage überschreitet den AGW, und die magnetische Flussdichte ist höher als im Ausgangszustand.

A1-3.5.4 Zu Ziffer 6: Ergebnis

Das Zutreffende ist anzukreuzen. Ist die NISV an allen OMEN eingehalten, dann wird dieses Ergebnis in Ziffer 3.1 des Hauptteils übertragen.

Kann die NISV an einem oder mehreren OMEN nicht eingehalten werden, sind die betreffenden OMEN in Ziffer 3.2 des Hauptteils zu übertragen und es ist Antrag auf eine Ausnahmebewilligung zu stellen und zu begründen (Kapitel 3.1.4).

A1-3.5.5 Beilagen

Zusätzlich zu den in Kapitel A1-3.4.8 genannten Beilagen:

- Für OMEN, bei denen die projektierte Anlage den AGW überschreiten wird, ist ein Querprofil mit Isoliniendarstellung der magnetischen Flussdichte sowohl für den projektierten als auch für den Ausgangszustand beizulegen.
- Sofern die massgebende Kombination der Lastflussrichtungen aufgrund einer Registrierung der Betriebsströme ermittelt wurde, ist die entsprechende statistische Auswertung beizulegen.

A1-3.6 Zusatzblatt 4
Elektrische Feldstärke am höchstbelasteten OKA

Dieses Zusatzblatt muss nur für 380 kV-Freileitungen ausgefüllt werden. Es muss nicht für jeden Unterabschnitt sondern nur für diejenige Spannweite ausgefüllt werden, unter der die höchste elektrische Feldstärke zu erwarten ist. Dieser höchstbelastete OKA ist im Übersichtsplan einzutragen. Mit diesem Zusatzblatt ist der Nachweis zu erbringen, dass der IGW am höchstbelasteten OKA eingehalten ist. Eine allfällige prognostizierte Überschreitung des IGW würde zwingend eine Projektanpassung erfordern.

A1-3.6.1 Zu Ziffer 1: Höchstbelasteter OKA

Angabe der betreffenden Spannweite (zwischen Mast a und b).

Lage des OKA

Beispiele:

Beschreibung

- Weide
- Landwirtschaftsland
- See
- Strasse
- Parkplatz
- Balkon etc.

A1-3.6.2 Zu Ziffer 2: Phasenbelegung in der Spannweite des höchstbelasteten OKA

Die Leitergeometrie mit der vorgesehenen Phasenbelegung wird auf einem Plan (Beilage) dargestellt.

A1-3.6.3 Zu Ziffer 3: Betriebszustand EMax

Es ist derjenige Betriebszustand anzugeben, bei dem für die vorgesehene Phasenbelegung die höchste elektrische Feldstärke resultiert. Unter Umständen sind einzelne Leitungsstränge als spannungsfrei einzusetzen. Näheres dazu siehe Kapitel 8.7.3.

A1-3.6.4 Zu Ziffer 4: Ergebnis der Modellierung für den Betriebszustand EMax am höchstbelasteten OKA

Es soll ein Querprofil der elektrischen Feldstärke durch den höchstbelasteten OKA gemäss Anleitung in Kapitel 8.7.5 modelliert und in einer Beilage dargestellt werden. Die elektrische Feldstärke am höchstbelasteten OKA wird in die Tabelle eingetragen. Sind 50 Hz- und 16.7 Hz-Leitungsstränge vorhanden, wird die elektrische Feldstärke für beide Frequenzen separat modelliert und in die Tabelle und Summenformel übertragen.

A1-3.6.5 Beilagen

- Plan der Leiteranordnung und Phasenbelegung
- Querprofil der elektrischen Feldstärke

Standortdatenblatt für Hochspannungsleitungen (Artikel 11 und Anhang 1 Ziffer 1 NISV)

Bezeichnung der Leitung:

Zu beurteilender Leitungsabschnitt:

Anlass für die NIS-Abklärung:

Beteiligte Firmen: Leitungsinhaber 1:

Leitungsinhaber 2:

Leitungsinhaber 3:

Ersetzt Standortdatenblatt vom:

Ergänzt Standortdatenblatt vom:

Nummer der Plangenehmigung:

Zutreffendes ankreuzen

1 Geografische Angaben über den zu beurteilenden Leitungsabschnitt

Anfangspunkt: Ort: Koordinaten:

Endpunkt: Ort: Koordinaten:

Bemerkungen:

2 Unterabschnitte für die NIS-Abklärung

Unterabschnitt ID	von	bis	Vorhaben	Status nach NISV*
A				
B				
C				
D				

* Mögliche Einträge: Neue Anlage; Änderung einer neuen Anlage; Änderung einer alten Anlage.

Bemerkungen:

3 Ergebnis

3.1 Vorsorgliche Emissionsbegrenzungen eingehalten

Bei folgenden Unterabschnitten werden die vorsorglichen Emissionsbegrenzungen eingehalten.

Unterabschnitt ID	Zusatzblatt	Strombegrenzung vorgesehen	Massgebende Kombination der Lastflussrichtungen unsicher
		☐	☐
		☐	☐
		☐	☐
		☐	☐

3.2 Vorsorgliche Emissionsbegrenzungen nicht eingehalten

An folgenden OMEN können die vorsorglichen Emissionsbegrenzungen nicht eingehalten werden.
➔ Ein begründeter Antrag für eine Ausnahmebewilligung liegt bei.

Unter-abschnitt ID	OMEN Nr.	Lage	Beschreibung/Nutzung	magnetische Flussdichte (µT)		Strom-begrenzung vorgesehen	Massgebende Kombination der Lastfluss-richtungen unsicher
				Projekt	Ausgangszustand*		
						☐	☐
						☐	☐
						☐	☐
						☐	☐

* Nur auszufüllen, wenn es sich im betreffenden Unterabschnitt um die Änderung einer alten Anlage handelt

Bemerkungen:

3.3 Immissionsgrenzwert (IGW) für die elektrische Feldstärke

Es handelt sich um eine

☐ Kabelleitung ☐ Freileitung mit Nennspannung unter 380 kV	➔ Das Zusatzblatt 4 muss nicht ausgefüllt werden. Der IGW gilt ohne detaillierten Nachweis als eingehalten.
☐ 380 kV-Freileitung	➔ Das Zusatzblatt 4 muss ausgefüllt werden. **Ergebnis aus Zusatzblatt 4:** ☐ IGW eingehalten

4 Erklärung des Anlageinhabers

Der Anlageinhaber erklärt, dass die Angaben in diesem Standortdatenblatt und den Beilagen vollständig und korrekt sind. Er verpflichtet sich, die Anlage konform mit dem deklarierten massgebenden Betriebszustand zu betreiben und allfällige Abweichungen, die zu einer Neubeurteilung Anlass geben könnten, der Plangenehmigungsbehörde zu melden.

Datum: Unterschrift:

Firmenstempel:

Beilagen (Anzahl angeben)

Zusatzblatt 1: Einhaltung des AGW am nächstliegenden OMEN: Grobabklärung

Zusatzblatt 2: Magnetische Flussdichte an OMEN: Projektierte Anlage

Zusatzblatt 3: Magnetische Flussdichte an OMEN: Projektierte Anlage und Ausgangszustand

Zusatzblatt 4: Elektrische Feldstärke am höchstbelasteten OKA

Übersichtsplan

Situationsplan für OMEN mit magnetischer Flussdichte über dem AGW

Plan der Leiteranordnung

Querprofil durch den nächstliegenden OMEN

Bestimmung des Legitimationsperimeters

Querprofil mit Isoliniendarstellung der magnetischen Flussdichte

Querprofil der elektrischen Feldstärke

Identifizierung der zur Anlage gehörigen Leitungsstränge bei parallelen Leitungen

Auswertung von Lastflussdaten

Zusatzblatt 1
Einhaltung des AGW am nächstliegenden OMEN: Grobabklärung

Unterabschnitt:

Zutreffendes ankreuzen

1 Verzeichnis der Leitungsstränge

☐ Es ist nur eine Leitung vorhanden.
☐ Es sind parallele Leitungen vorhanden. Die Abklärung, welche Leitungsstränge zu berücksichtigen sind, findet sich in Beilage

Zur Anlage gehörige Stränge bzw. Schleifen

ID Strang/Schleife	Bezeichnung	Inhaber	Leitungstyp*	Nennspannung (kV)	Frequenz	Bemerkung

* mögliche Einträge: Freileitung, Kabelleitung

2 Thermische Grenzströme

ID Strang/Schleife	Querschnitt/Material	Thermischer Grenzstrom (A)	Bemerkung
	/		
	/		

3 Richtabstand und Legitimationsabstand

Leiteranordnung

Figur der Leiteranordnung mit Vermassung in Beilage

Grösster Abstand q zwischen zwei Leitern eines Leitungsstrangs/einer Schleife: m

Richtabstand r zur Einhaltung des AGW gemäss nachstehender Tabelle: m

Legitimationsabstand ($2 \cdot r$, mindestens 20 m): m

➔ Legitimationsperimeter im Übersichtsplan markieren

Einsträngige Leitung

Richtabstand r zwischen einem OMEN und dem geometrischen Schwerpunkt des Leitungsstrangs

grösster Abstand q zwischen 2 Leitern	thermischer Grenzstrom				
	bis 100 A	101 bis 225 A	226 bis 400 A	401 bis 625 A	626 bis 750 A
bis 20 cm	2.4 m	3.6 m	4.8 m	6.0 m	6.6 m
21 bis 40 cm	3.2 m	4.8 m	6.4 m	8.0 m	8.8 m
41 bis 60 cm	4.0 m	6.0 m	8.0 m	10.0 m	11.0 m
61 bis 80 cm	4.6 m	6.9 m	9.2 m	11.5 m	12.7 m
81 bis 100 cm	5.0 m	7.5 m	10.0 m	12.5 m	13.8 m
101 bis 200 cm	7.0 m	10.5 m	14.0 m	17.5 m	19.3 m
201 bis 400 cm	10.0 m	15.0 m	20.0 m	25.0 m	27.5 m
401 bis 620 cm	12.5 m	18.8 m	25.0 m	31.3 m	34.4 m

Zweisträngige Leitung

Richtabstand r zwischen einem OMEN und dem geometrischen Schwerpunkt des Leitungsstrangs

grösster Abstand q zwischen 2 Leitern desselben Strangs	thermischer Grenzstrom				
	bis 100 A	101 bis 225 A	226 bis 400 A	401 bis 625 A	626 bis 750 A
bis 20 cm	3.2 m	4.8 m	6.4 m	8.0 m	8.8 m
21 bis 40 cm	4.6 m	6.9 m	9.2 m	11.5 m	12.7 m
41 bis 60 cm	5.6 m	8.4 m	11.2 m	14.0 m	15.4 m
61 bis 80 cm	6.4 m	9.6 m	12.8 m	16.0 m	17.6 m
81 bis 100 cm	7.0 m	10.5 m	14.0 m	17.5 m	19.3 m
101 bis 200 cm	10.0 m	15.0 m	20.0 m	25.0 m	27.5 m
201 bis 400 cm	14.0 m	21.0 m	28.0 m	35.0 m	38.5 m
401 bis 620 cm	17.5 m	26.3 m	35.0 m	43.8 m	48.2 m

4 Nächstliegender OMEN

Beschreibung/Nutzung des nächstliegenden OMEN:

Direktabstand dieses OMEN vom geometrischen Schwerpunkt des (näher liegenden) Leitungsstrangs: m

Bemerkungen:

5 Ergebnis

☐ Der Direktabstand des OMEN zum (näher liegenden) Leitungsstrang ist grösser als der Richtabstand r.
➔ Der AGW ist an allen OMEN eingehalten.
Ergebnis in Ziffer 3.1 des Hauptteils des Standortdatenblattes übertragen

☐ Der nächstliegende OMEN liegt innerhalb des Legitimationsperimeters.
➔ Querprofil durch diesen OMEN beilegen: Beilage

Zusatzblatt 2
Magnetische Flussdichte an OMEN: Projektierte Anlage

Unterabschnitt:

Zutreffendes ankreuzen

1 Verzeichnis der Leitungsstränge

☐ Es ist nur eine Leitung vorhanden.

☐ Es sind parallele Leitungen vorhanden. Die Abklärung, welche Leitungsstränge zu berücksichtigen sind, findet sich in Beilage

Zur Anlage gehörige Stränge bzw. Schleifen

ID Strang/Schleife	Bezeichnung	Inhaber	Leitungstyp*	Nennspannung (kV)	Frequenz	Bemerkung

* mögliche Einträge: Freileitung, Kabelleitung

2 Massgebende Ströme

ID Strang/Schleife	Querschnitt/Material	Thermischer Grenzstrom (A)	Massgebender Strom (A)	Bemerkung
	/			
	/			
	/			
	/			

☐ Pro Frequenz ist nur ein Leitungsstrang bzw. eine Schleife vorhanden.
➔ Die Lastflussrichtungen sind für die Modellierung der magnetischen Flussdichte nicht relevant.
Ziffer 3 des vorliegenden Zusatzblattes muss nicht ausgefüllt werden.

☐ Es sind zwei oder mehr Leitungsstränge/Schleifen gleicher Frequenz vorhanden.
➔ Die Lastflussrichtungen sind für die Modellierung der magnetischen Flussdichte relevant.
Ziffer 3 des vorliegenden Zusatzblattes muss ausgefüllt werden.

☐ Der massgebende Strom ist kleiner als der thermische Grenzstrom.
➔ In Ziffer 3.1 bzw. 3.2 des Hauptteils des Standortdatenblattes eine Strombegrenzung vermerken.

Bemerkungen:

3 Massgebende Kombination der Lastflussrichtungen

50 Hz-Stränge

Strang m / Strang n	Massgebende Kombination der Lastflussrichtungen*	Grundlage**	Sicherheit des Ergebnisses***	Bemerkung
/				
/				
/				

* mögliche Einträge: gleichsinnig; gegenläufig; ungekoppelt
** mögliche Einträge: Schätzung; Simulation
*** mögliche Einträge: sicher; unsicher

16.7 Hz-Schleifen

Schleife i / Schleife j	Massgebende Kombination der Lastflussrichtungen*	Grundlage**	Sicherheit des Ergebnisses***	Bemerkung
/				
/				
/				

* mögliche Einträge: gleichsinnig; gegenläufig; ungekoppelt
** mögliche Einträge: Schätzung; Simulation
*** mögliche Einträge: sicher; unsicher

☐ Die massgebende Kombination der Lastflussrichtungen ist unsicher.
➔ In Ziffer 3.1 bzw. 3.2 des Hauptteils des Standortdatenblattes vermerken

Bemerkungen:

4 Legitimations- und Untersuchungsperimeter

Dokumentation der Bestimmung des Legitimationsperimeters in Beilage

Dokumentation der Bestimmung des Untersuchungsperimeters in Beilage
➔ Legitimations- und Untersuchungsperimeter im Übersichtsplan einzeichnen.

5 Magnetische Flussdichte an den OMEN innerhalb des Untersuchungsperimeters

OMEN Nr.	Lage	Beschreibung/Nutzung	Magn. Flussdichte (µT)	Querprofil (Beilage Nr.)

6 Ergebnis

☐ AGW an allen OMEN eingehalten
➔ Ergebnis in Ziffer 3.1 des Hauptteils des Standortdatenblattes übertragen.

☐ AGW an einem oder mehreren OMEN überschritten
➔ Jeden OMEN, an dem der AGW überschritten ist, in Ziffer 3.2 des Hauptteils des Standortdatenblattes übertragen.

Zusatzblatt 3
Magnetische Flussdichte an OMEN: Projektierte Anlage und Ausgangszustand

Unterabschnitt:

Zutreffendes ankreuzen

1 Verzeichnis der Leitungsstränge

1.1 Ausgangszustand (alte Anlage)

☐ Es ist nur eine Leitung vorhanden.
☐ Es sind parallele Leitungen vorhanden. Die Abklärung, welche Leitungsstränge zu berücksichtigen sind, findet sich in Beilage

Zur alten Anlage gehörige Stränge bzw. Schleifen

ID Strang/Schleife	Bezeichnung	Inhaber	Leitungstyp*	Nennspannung (kV)	Frequenz	Bemerkung

* mögliche Einträge: Freileitung, Kabelleitung

1.2 Projekt (geänderte Anlage)

☐ Es ist nur eine Leitung vorhanden.
☐ Es sind parallele Leitungen vorhanden. Die Abklärung, welche Leitungsstränge zu berücksichtigen sind, findet sich in Beilage

Zur projektierten Anlage gehörige Stränge bzw. Schleifen

ID Strang/Schleife	Bezeichnung	Inhaber	Leitungstyp*	Nennspannung (kV)	Frequenz	Bemerkung

* mögliche Einträge: Freileitung, Kabelleitung

2 Massgebende Ströme

2.1 Ausgangszustand (alte Anlage)

ID Strang/Schleife	Querschnitt/Material	Thermischer Grenzstrom (A)	Massgebender Strom (A)	Bemerkung
	/			
	/			
	/			
	/			

☐ Pro Frequenz ist nur ein Leitungsstrang bzw. eine Schleife vorhanden.
➔ Die Lastflussrichtungen sind für die Modellierung der magnetischen Flussdichte nicht relevant.
Ziffer 3.1 des vorliegenden Zusatzblattes muss nicht ausgefüllt werden.

☐ Es sind zwei oder mehr Leitungsstränge/Schleifen gleicher Frequenz vorhanden.
➔ Die Lastflussrichtungen sind für die Modellierung der magnetischen Flussdichte relevant.
Ziffer 3.1 des vorliegenden Zusatzblattes muss ausgefüllt werden.

Bemerkungen:

2.2 Projekt (geänderte Anlage)

ID Strang/Schleife	Querschnitt/Material	Thermischer Grenzstrom (A)	Massgebender Strom (A)	Bemerkung
	/			
	/			
	/			
	/			

☐ Pro Frequenz ist nur ein Leitungsstrang bzw. eine Schleife vorhanden.
➔ Die Lastflussrichtungen sind für die Modellierung der magnetischen Flussdichte nicht relevant.
Ziffer 3.2 des vorliegenden Zusatzblattes muss nicht ausgefüllt werden.

☐ Es sind zwei oder mehr Leitungsstränge/Schleifen gleicher Frequenz vorhanden.
➔ Die Lastflussrichtungen sind für die Modellierung der magnetischen Flussdichte relevant.
Ziffer 3.2 des vorliegenden Zusatzblattes muss ausgefüllt werden.

☐ Der massgebende Strom ist kleiner als der thermische Grenzstrom
➔ In Ziffer 3.1 bzw. 3.2 des Hauptteils des Standortdatenblattes eine Strombegrenzung vermerken.

Bemerkungen:

3 Massgebende Kombination der Lastflussrichtungen

3.1 Ausgangszustand (alte Anlage)

50 Hz-Stränge

Strang m / Strang n	Massgebende Kombination der Lastflussrichtungen*	Grundlage**	Bemerkung
/			
/			
/			

* mögliche Einträge: gleichsinnig; gegenläufig; ungekoppelt
** mögliche Einträge: Schätzung; Betriebsaufzeichnung

16.7 Hz-Schleifen

Schleife i / Schleife j	Massgebende Kombination der Lastflussrichtungen*	Grundlage**	Bemerkung
/			
/			
/			

* mögliche Einträge: gleichsinnig; gegenläufig; ungekoppelt
** mögliche Einträge: Schätzung; Betriebsaufzeichnung

Bemerkungen:

3.2 Projekt (geänderte Anlage)

50 Hz-Stränge

Strang m / Strang n	Massgebende Kombination der Lastflussrichtungen*	Grundlage**	Sicherheit des Ergebnisses***	Bemerkung
/				
/				
/				

* mögliche Einträge: gleichsinnig; gegenläufig; ungekoppelt
** mögliche Einträge: Schätzung; Simulation
*** mögliche Einträge: sicher; unsicher

16.7 Hz-Schleifen

Schleife i / Schleife j	Massgebende Kombination der Lastflussrichtungen*	Grundlage**	Sicherheit des Ergebnisses***	Bemerkung
/				
/				
/				

* mögliche Einträge: gleichsinnig; gegenläufig; ungekoppelt
** mögliche Einträge: Schätzung; Simulation
*** mögliche Einträge: sicher; unsicher

☐ Die massgebende Kombination der Lastflussrichtungen ist unsicher. ➔ In Ziffer 3.1 bzw. 3.2 des Hauptteils des Standortdatenblattes vermerken

Bemerkungen:

4 Legitimations- und Untersuchungsperimeter

Dokumentation der Bestimmung des Legitimationsperimeters in Beilage

Dokumentation der Bestimmung des Untersuchungsperimeters in Beilage
➔ Legitimations- und Untersuchungsperimeter im Übersichtsplan einzeichnen.

5 Magnetische Flussdichte an den OMEN innerhalb des Untersuchungsperimeters

OMEN Nr.	Lage	Beschreibung/Nutzung	Magn. Flussdichte (µT)		Querprofil (Beilage Nr.)	NISV eingehalten**
			Projekt	Ausgangszustand*		
						☐
						☐
						☐
						☐

* Angabe nur erforderlich, wenn die magnetische Flussdichte für die projektierte Anlage den AGW überschreitet
** Vorsorgliche Emissionsbegrenzung bei Änderung alter Anlagen:
- an OMEN, an denen der AGW im Ausgangszustand überschritten war, darf die magnetische Flussdichte nicht zunehmen
- an OMEN, an denen der AGW im Ausgangszustand eingehalten war, darf er nicht überschritten werden.

6 Ergebnis

☐ NISV an allen OMEN im Untersuchungsperimeter eingehalten
➔ Ergebnis in Ziffer 3.1 des Hauptteils des Standortdatenblattes übertragen.

☐ NISV an einem oder mehreren OMEN nicht eingehalten
➔ Jeden OMEN, an dem die NISV nicht eingehalten ist, in Ziffer 3.2 des Hauptteils des Standortdatenblattes übertragen.

Zusatzblatt 4
Elektrische Feldstärke am höchstbelasteten OKA

Zutreffendes ankreuzen

1 Höchstbelasteter OKA

Lage des OKA:

Beschreibung:

2 Phasenbelegung in der Spannweite des höchstbelasteten OKA

Figur der Phasenbelegung in Beilage

3 Betriebszustand EMax

Strang ID	Strang-Bezeichnung	Nennspannung (kV)	Höchste Betriebsspannung (kV)

4 Ergebnis der Modellierung für den Betriebszustand EMax am höchstbelasteten OKA

Grundlage: Querprofil, Beilage Nr.

Frequenz	Elektr. Feldstärke	IGW
50 Hz	V/m	5 000 V/m
16.7 Hz	V/m	10 000 V/m

Gewichtete Summe, falls beide Frequenzen vorhanden sind: $\frac{E_{50}}{5000} + \frac{E_{16.7}}{10000} =$

In diesem Fall ist der IGW eingehalten, wenn der Summenausdruck den Wert 1.0 nicht übersteigt.

☐ IGW eingehalten ➔ Ergebnis in Ziffer 3.3 des Hauptteils des Standortdatenblattes übertragen.

Bemerkungen:

> Anhang 2

A2 Meldeformular: Sanierungsabklärung für eine alte Hochspannungsleitung

A2-1 Struktur des Meldeformulars

Der zu beurteilende Leitungsabschnitt wird für die Sanierungsabklärung[42] wenn nötig in Unterabschnitte unterteilt. Ein Unterabschnitt ist ein zusammenhängendes Leitungsstück, für das die folgenden Merkmale konstant sind:

- Leitungsstränge
- Massgebender Betriebszustand
- Geometrische Anordnung der Leiter (bei Freileitungen bedeutet dies: gleiches Mastbild)

Gibt es entlang des zu beurteilenden Leitungsabschnitts zwei oder mehr nicht zusammenhängende Teilstücke, die in diesen drei Merkmalen übereinstimmen, dann können sie zusammengefasst und als ein Unterabschnitt behandelt werden.

Wenn der ganze zu beurteilende Leitungsabschnitt in diesen drei Merkmalen einheitlich ist, ist eine Unterteilung in Unterabschnitte nicht nötig.

Das Meldeformular besteht aus

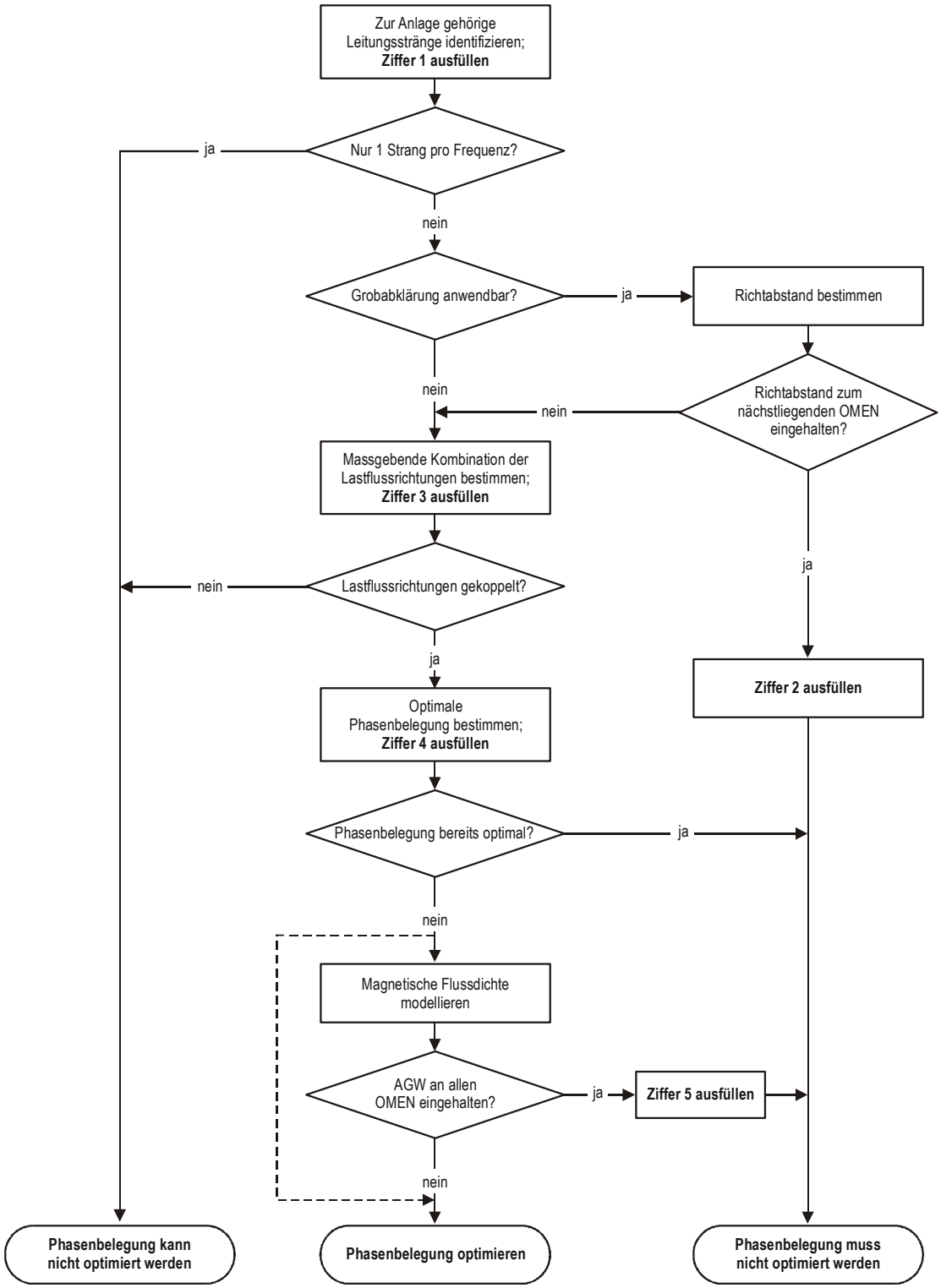
- dem Hauptteil (Ziffern 1 bis 4), auf dem die Ergebnisse der Zusatzblätter zusammengefasst werden
- einem Zusatzblatt für jeden Unterabschnitt. Dieses ist modular aufgebaut und muss nur so weit ausgefüllt werden, als dies zum Nachweis des jeweiligen Ergebnisses erforderlich ist (Abb. 14).
- Beilagen, insb. Übersichtsplänen, Plänen der Leiteranordnungen und Querprofilen der magnetischen Flussdichte, soweit solche im Zusatzblatt bei den jeweiligen Ziffern vorgesehen sind.

Die Sanierungsabklärung wird für jeden Unterabschnitt separat vorgenommen. Zu jedem Unterabschnitt gehört ein Zusatzblatt. Das generelle Vorgehen ist in Abbildung 14 skizziert. Dort ist auch angegeben, welche Ziffern im Zusatzblatt auszufüllen sind. Die gestrichelte Linie in der Abbildung kommt dann zum Tragen, wenn der Anlageinhaber auf jeden Fall beabsichtigt, eine Anlage mit nicht optimaler Phasenbelegung zu sanieren, unabhängig davon, ob der AGW an OMEN eingehalten oder überschritten ist. In diesem Fall kann auf die Modellierung der magnetischen Flussdichte verzichtet werden.

[42] In der ganzen Vollzugshilfe werden unter dem Begriff «Sanierung» nur Massnahmen verstanden, die zur Einhaltung der Anforderungen der NISV getroffen werden. Nicht eingeschlossen sind Erneuerungs- und Wartungsarbeiten zur Gewährleistung der technischen Sicherheit der Leitungen.

Abb. 14 > Sanierungsabklärung.

Für jeden Unterabschnitt individuell abzuklären. Die Ziffern beziehen sich auf das Zusatzblatt zum Meldeformular.



Die Anzahl Zeilen in den Tabellen des Meldeformulars und der Zusatzblätter soll der jeweiligen Leitung angepasst werden.

In den Zusatzblättern können diejenigen Ziffern, die nicht ausgefüllt werden müssen, sowie Tabellen, die leer bleiben würden, weggelassen werden.

Eine Word-Vorlage des Meldeformulars, bei der sich die Grösse der Tabellenzeilen automatisch an die Länge der Einträge anpasst, kann von der Homepage des BAFU *(www.bafu.admin.ch/elektrosmog/01100/01108/04391/index.html?lang=de)* heruntergeladen werden. Zum Ausfüllen von Meldeformularen soll nur diese Vorlage verwendet werden.

Im ganzen Meldeformular, in den Zusatzblättern, Übersichtsplänen und Berechnungsbeilagen ist auf konsistente Bezeichnung/Nummerierung der Unterabschnitte, Leitungsstränge und OMEN zu achten. Unterabschnitte werden mit Grossbuchstaben, Leitungsstränge mit geeigneten Abkürzungen, OMEN mit Ziffern bezeichnet.

Das Meldeformular wird von Vorteil in folgender Reihenfolge ausgefüllt:

1. Deckblatt, Ziffern 1 und 2 des Hauptteils
2. Für jeden Unterabschnitt ein Zusatzblatt mit den nötigen Beilagen.
3. Ziffern 3 und 4 des Hauptteils und Verzeichnis der Beilagen

A2-2 Anleitung zum Ausfüllen des Meldeformulars

A2-2.1 Deckblatt

Die (grösserräumige) Bezeichnung der Leitung.

Bezeichnung der Leitung

Bezeichnung des im vorliegenden Meldeformular behandelten Leitungsabschnittes.

Zu beurteilender Leitungsabschnitt

Beispiele:
- Mast 10 bis 20
- Unterwerk P bis Landesgrenze

A2-2.2 Hauptteil (Ziffern 1 bis 4)

Der Hauptteil des Meldeformulars ist für alle Leitungen auszufüllen. Er stellt ein Extrakt der Zusatzblätter dar, dient der schnellen Übersicht über den Sanierungsbedarf und weist auf Gegebenheiten hin, die eine Registrierung des Betriebs nötig machen könnten.

A2-2.2.1 Zu Ziffer 2: Unterabschnitte für die Sanierungsabklärung

Der zu beurteilende Leitungsabschnitt wird für die Sanierungsabklärung soweit erforderlich in Unterabschnitte unterteilt. Die Kriterien für die Unterteilung finden sich in Kapitel A2-1.

A2-2.2.2 Zu Ziffer 3: Ergebnis der Sanierungsabklärung

Die Angaben, die unter dieser Ziffer zu machen sind, werden den Zusatzblättern entnommen.

A2-2.2.3 Zu Ziffer 3.1: Unterabschnitte ohne Sanierungsbedarf

In dieser Tabelle werden diejenigen Unterabschnitte aufgeführt, die nicht saniert werden müssen oder nicht saniert werden können.

<u>Zu einzelnen Spalten der Tabelle</u>

Es ist eine der folgenden Begründungen einzutragen:

Grund

- «Richtabstand zum nächsten OMEN eingehalten».
  Der Nachweis erfolgt in Ziffer 2 des Zusatzblattes.
- «Phasenbelegung optimiert». Der Nachweis erfolgt in Ziffer 4 des Zusatzblattes.
- «AGW an den OMEN eingehalten».
  Der Nachweis erfolgt in Ziffer 5 des Zusatzblattes.
- «nur 1 Strang pro Frequenz». Der Nachweis erfolgt in Ziffer 1 des Zusatzblattes.
- «Lastflussrichtungen ungekoppelt».
  Der Nachweis erfolgt in Ziffer 3 des Zusatzblattes.

Strombegrenzung vorgesehen

Wenn in Ziffer 5 des Zusatzblattes der massgebende Strom niedriger ist als der thermische Grenzstrom, wird hier für den betreffenden Unterabschnitt ein Kreuz (x) eingetragen.

Massgebende Kombination der Lastflussrichtungen unsicher

Wenn in Ziffer 3 des Zusatzblattes die massgebende Kombination der Lastflussrichtungen als unsicher bezeichnet wird, wird hier für den betreffenden Unterabschnitt ein Kreuz (x) eingetragen.

A2-2.2.4 Zu Ziffer 3.2: Unterabschnitte mit Sanierungsbedarf

In dieser Tabelle sind die verbleibenden, in Ziffer 3.1 nicht verzeichneten Unterabschnitte einzutragen. Für diese ist die Phasenbelegung nicht optimiert. Der Nachweis erfolgt in Ziffer 4 des Zusatzblattes.

Zu einzelnen Spalten der Tabelle

Phasenoptimierung vorgesehen

Hier wird eingetragen, ob der Anlageinhaber beabsichtigt, die Sanierung für den betreffenden Unterabschnitt durchzuführen. Wird «nein» eingetragen, ist dies in Ziffer 4 des Hauptteils detailliert zu begründen.

Massgebende Kombination der Lastflussrichtungen unsicher

Wenn in Ziffer 3 des Zusatzblattes die massgebende Kombination der Lastflussrichtungen als unsicher bezeichnet wird, wird hier für den betreffenden Unterabschnitt ein Kreuz (x) eingetragen.

A2-2.2.5 Zu Ziffer 4: Erklärung des Anlageinhabers

Die dritte zur Auswahl angebotene Option (Antrag, auf die Phasenoptimierung zu verzichten) kommt insbesondere dann in Frage, wenn aufgrund einer übergeordneten Beurteilung, die mehrere Leitungen umfasst, bezüglich der Phasenbelegung Kompromisse unumgänglich sind (siehe dazu Kapitel 8.4.4). Ein entsprechender Antrag ist ausführlich zu begründen.

A2-2.3 Zusatzblatt zum Meldeformular

A2-2.3.1 Generelles

Für jeden Unterabschnitt ist ein eigenes Zusatzblatt auszufüllen. Welche Ziffern auszufüllen sind, richtet sich nach Abbildung 14.

A2-2.3.2 Zu Ziffer 1: Verzeichnis der Leitungsstränge

Diese Ziffer muss immer ausgefüllt werden. In der Tabelle werden die zur Anlage gehörigen Leitungsstränge bzw. Schleifen aufgeführt. Im Falle von parallelen Leitung ist gemäss den Verfahren von Kapitel 2.1.3 zu prüfen und in einer Beilage zu dokumentieren, welche Leitungsstränge zusammen als eine Anlage gelten.

Wenn pro Frequenz nur ein Leitungsstrang vorhanden ist, dann wird als Ergebnis «nur 1 Strang pro Frequenz» in Ziffer 3.1 des Hauptteils übertragen. Die Sanierungsabklärung ist für den betreffenden Unterabschnitt an dieser Stelle beendet.

Zu einzelnen Spalten der Tabelle

Leitungstyp

Mögliche Einträge:
- Freileitung
- Kabelleitung

A2-2.3.3 Zu Ziffer 2: Einhaltung des AGW am nächstliegenden OMEN: Grobabklärung

In dieser Ziffer wird eine Grobabklärung gemäss Kapitel 8.3 durchgeführt. Diese ist vor allem für Unterabschnitte nützlich, bei denen die OMEN einen beträchtlichen Abstand zur Anlage haben. Das Verfahren geht bezüglich Leiteranordnung, Lastflussrichtungen und Phasenbelegung vom ungünstigsten Fall aus. Das Ergebnis ist ein Richtabstand r vom geometrischen Schwerpunkt eines Leitungsstrangs, in dem der AGW mit Sicherheit eingehalten ist.

Wegen der impliziten Annahmen darf diese Grobabklärung nur unter folgenden Bedingungen angewandt werden:
- 2-strängige Anlage
- thermische Grenzströme bis 750 A
- Abstand q zwischen den am weitesten voneinander entfernten Leitern desselben Leitungsstranges/Schleife: maximal 620 cm

Thermische Grenzströme

Für jeden der beiden Leitungsstränge wird der thermische Grenzstrom eingetragen. Sind die beiden verschieden hoch, so gilt für die Bestimmung des Richtabstandes der höhere Wert.

Leiteranordnung

Die Leiteranordnung ist in einer Beilage grafisch darzustellen. Aus der Darstellung soll der Abstand q zwischen den am weitesten voneinander entfernten Leitern eines Leitungsstrangs/einer Schleife herausgelesen werden können. Dieser Abstand ist hier

einzutragen. Sind die betreffenden Abstände für die beiden Leitungsstränge verschieden, so ist der höhere Wert zu übertragen.

Richtabstand

Der Richtabstand *r* wird der Referenztabelle in Ziffer 2 des Zusatzblattes entnommen.

Nächstliegender OMEN

Für den betreffenden Unterabschnitt ist der der Leitung nächstliegende OMEN zu identifizieren. Massgebend ist der direkte Abstand (Schrägabstand) zwischen dem OMEN und dem geometrischen Schwerpunkt des näher liegenden Leitungsstrangs. Dieser OMEN ist zu beschreiben. Wenn sein Horizontalabstand zur Leitungsachse entweder weniger als 20 Meter oder weniger als der doppelte Richtabstand beträgt, ist er ausserdem in einer Beilage, zusammen mit der Leitung, als Querprofil zu dokumentieren. Der Direktabstand dieses OMEN zum näher liegenden Leitungsstrang ist in diesem Querprofil einzutragen.

Gibt es im betreffenden Unterabschnitt mehrere «nächstliegende» OMEN in gleichem Abstand von der Leitung, dann soll dies vermerkt werden. Stellvertretend ist einer davon auszuwählen und zu dokumentieren.

Ergebnis

Diese Grobabklärung soll nur eingereicht werden, wenn damit gezeigt werden kann, dass der nächste OMEN den Richtabstand einhält. Ist dies der Fall, dann ist die Sanierungsabklärung an dieser Stelle beendet. Als Ergebnis ist in Ziffer 3.1 des Hauptteils des Meldeformulars «Richtabstand zum nächsten OMEN eingehalten» einzutragen.

A2-2.3.4 Zu Ziffer 3: Massgebende Kombination der Lastflussrichtungen

Diese Ziffer muss für Anlagen ausgefüllt werden, die zwei oder mehr Leitungsstränge gleicher Frequenz enthalten. Davon ausgenommen sind zweisträngige Anlagen, für die anhand von Ziffer 2 der Nachweis geführt wird, dass der nächstliegende OMEN den Richtabstand einhält.

Ausführliche Hintergrundinformationen zu dieser betrieblichen Angabe finden sich in den Kapiteln 2.4.2 und 8.6.

In der Tabelle «50 Hz-Stränge» ist für jedes Paar von 50 Hz-Strängen, die in der Tabelle unter Ziffer 1 aufgeführt sind, eine Zeile auszufüllen. Analoges gilt für die 16.7 Hz-Schleifen unter sich. Kombinationen zwischen zwei Strängen unterschiedlicher Frequenz fallen nicht in Betracht.

Bei zwei Strängen gibt es einen Eintrag (ein Paar), bei drei Strängen deren drei, bei vier Strängen sechs Paare etc.

Zu einzelnen Spalten der Tabellen

Massgebende Kombination der Lastflussrichtungen

Mögliche Einträge:
- gleichsinnig
- gegenläufig
- ungekoppelt

Grundlage

Hier ist anzugeben, ob es sich bei der angegebenen Kopplung um eine qualitative Einschätzung handelt oder ob sie aufgrund einer Auswertung von Lastflussdaten gemäss Kapitel 8.6.2 bestimmt wurde. Ist letzteres der Fall, dann soll das Ergebnis der statistischen Analyse beigelegt und in der Tabelle auf diese Beilage verwiesen werden.

Sicherheit des Ergebnisses

Mögliche Einträge:

- «sicher»:
  Aufgrund der Funktion der beiden Leitungsstränge im Netz kann davon ausgegangen werden, dass die angegebene Kombination der Lastflussrichtungen über lange Zeit vorherrschen wird.
- «unsicher»:
  Aufgrund der Analyse der Lastflussdaten muss damit gerechnet werden, dass die angegebene Kombination der Lastflussrichtungen nicht sehr robust ist und in Zukunft ändern könnte. Wird ein solcher Eintrag gemacht, ist dies in Ziffer 3.1 bzw. 3.2 des Hauptteils des Meldeformulars zu vermerken.

Wenn für alle Paare von Leitungssträngen die Lastflussrichtungen als ungekoppelt eingetragen werden, gibt es keine optimale Phasenbelegung und die Sanierungsabklärung ist an dieser Stelle abgeschlossen. Als Ergebnis ist «Lastflussrichtungen ungekoppelt» in Ziffer 3.1 des Hauptteils zu übertragen.

A2-2.3.5 Zu Ziffer 4: Überprüfung der Phasenbelegung

In dieser Ziffer wird die optimale Phasenbelegung ermittelt und mit der aktuellen verglichen. Sie ist für Anlagen anwendbar, welche zwei oder mehr Leitungsstränge gleicher Frequenz mit eindeutig gekoppelten Lastflussrichtungen umfassen. Sie muss nicht ausgefüllt werden, wenn in Ziffer 2 der Nachweis erbracht wird, dass der Richtabstand zum nächstliegenden OMEN eingehalten ist.

Die aktuell vorliegende und die optimale Phasenbelegung werden in je einer grafischen Darstellung der Leiteranordnung eingetragen. Wenn nicht offensichtlich ist, welches die optimale Phasenbelegung ist, sollen Isoliniendarstellungen der magnetischen Flussdichte für verschiedene in Frage kommende Phasenbelegungen beigelegt werden.

Ergibt sich, dass die Phasenbelegung bereits optimiert ist, ist die Sanierungsabklärung an dieser Stelle beendet. Als Ergebnis ist «Phasenbelegung optimiert» in Ziffer 3.1 des Hauptteils des Meldeformulars zu übertragen.

A2-2.3.6 Zu Ziffer 5: Einhaltung des AGW an den OMEN: Detaillierte Abklärung

Im Gegensatz zur Grobabklärung gemäss Ziffer 2 wird die magnetische Flussdichte an den OMEN detailliert modelliert. In die Abklärung werden alle OMEN einbezogen, die sich innerhalb des Untersuchungsperimeters (2.9.1) befinden. Es soll nur ein Ergebnis eingereicht werden, wenn damit belegt werden kann, dass der AGW bei der aktuellen Phasenbelegung im massgebenden Betriebszustand an allen OMEN im Untersuchungsperimeter eingehalten ist. Als Ergebnis wird in Ziffer 3.1 des Hauptteils des Meldeformulars «AGW an den OMEN eingehalten» eingetragen.

Massgebende Ströme

In der Tabelle werden für jeden Leitungsstrang der thermische Grenzstrom und der massgebende Strom (Kapitel 2.4.1) eingetragen. Ist der massgebende Strom niedriger als der thermische Grenzstrom, ist dies unter «Bemerkungen» zu begründen. In Ziffer 3.1 des Hauptteils des Meldeformulars ist ein entsprechender Vermerk zu machen.

Falls ein Leitungsstrang infolge von Spannungstransformationen einen starren, von 0 oder 180 Grad verschiedenen Phasenwinkel aufweist, ist dies in der Spalte «Bemerkung» der Tabelle anzugeben (inklusive dem Wert der Phasenverschiebung). Siehe dazu auch Fussnote 23.

Untersuchungsperimeter

Die Bestimmung des Untersuchungsperimeters richtet sich nach Kapitel 8.5.2. Er soll im Übersichtsplan eingezeichnet werden.

OMEN innerhalb des Untersuchungsperimeters

Es soll für alle OMEN, die sich ganz oder teilweise innerhalb des Untersuchungsperimeters befinden, nachgewiesen werden, dass der AGW eingehalten ist. Die Modellierung der magnetischen Flussdichte erfolgt gemäss Kapitel 8.1.4. Das Ergebnis wird in Beilagen dokumentiert. Diese Beilagen sind in der Regel als Querprofile mit Isoliniendarstellung der magnetischen Flussdichte auszuführen. Darin sollen die Leiterpositionen, die Phasenbelegung und die 1 µT-Isolinie, sowie ein oder mehrere OMEN in ihrer korrekten relativen Lage zu den Leitern abgebildet werden. Es können mehrere OMEN in dieselbe Darstellung aufgenommen werden, selbst wenn sie sich in verschiedenen Spannweiten befinden; wichtig ist einzig, dass sie in dieser Abbildung relativ zu den Leiterpositionen seitlich und in der Höhe richtig positioniert sind. Der AGW ist eingehalten, wenn sich die OMEN ausserhalb der 1 µT-Isolinie befinden.

Zu einzelnen Spalten der Tabelle

OMEN Nr.

Die OMEN sind mit einer eindeutigen Nummer in der Tabelle, in den Querprofilen und im Übersichtsplan zu bezeichnen.

Lage

Hier soll eine Angabe gemacht werden, die das Auffinden des betreffenden OMEN auf dem Übersichtsplan erleichtert. Beispielsweise:

- Adresse
- zwischen Mast a und b
- bei km x etc.

Beschreibung/Nutzung

Eine Beschreibung des Objekts, die zeigt, dass es sich um eine im Sinn der NISV empfindliche Nutzung handelt.

Querprofil

Verweis auf diejenige Beilage, in der die Modellierung der magnetischen Flussdichte für den betreffenden OMEN dokumentiert ist.

Meldeformular

Sanierungsabklärung für eine alte Hochspannungsleitung

Bezeichnung der Leitung:

Zu beurteilender Leitungsabschnitt:

Beteiligte Firmen: Leitungsinhaber 1:

Leitungsinhaber 2:

Leitungsinhaber 3:

Nummer der Plangenehmigung:

Zutreffendes ankreuzen

1 Geografische Angaben über den zu beurteilenden Leitungsabschnitt

Anfangspunkt: Ort: Koordinaten:

Endpunkt: Ort: Koordinaten:

Bemerkungen:

2 Unterabschnitte für die Sanierungsabklärung

Unterabschnitt ID	von	bis	Beschreibung
A			
B			
C			
D			

3 Ergebnis der Sanierungsabklärung

3.1 Unterabschnitte ohne Sanierungsbedarf

Unterabschnitt ID	Grund*	Strombegrenzung vorgesehen	Massgebende Kombination der Lastflussrichtungen unsicher	Bemerkung
		☐	☐	
		☐	☐	
		☐	☐	
		☐	☐	

* mögliche Einträge: Richtabstand zum nächsten OMEN eingehalten, Phasenbelegung optimiert, AGW an den OMEN eingehalten, nur 1 Strang pro Frequenz, Lastflussrichtungen ungekoppelt

3.2 Unterabschnitte mit Sanierungsbedarf

Unterabschnitt ID	Phasenoptimierung vorgesehen	Massgebende Kombination der Lastflussrichtungen unsicher	Bemerkung
	☐	☐	
	☐	☐	
	☐	☐	
	☐	☐	

4 Erklärung des Anlageinhabers

Der Anlageinhaber erklärt, dass die Angaben in diesem Meldeformular und den Beilagen vollständig und korrekt sind. Er verpflichtet sich, allfällige Abweichungen im Betrieb der Anlage, die zu einer Neubeurteilung Anlass geben könnten, der Plangenehmigungsbehörde zu melden.

Bezüglich der Sanierung stellt er folgendes fest:

☐ Die Anlage ist nicht sanierungspflichtig

☐ Die Anlage ist sanierungspflichtig. Die Phasenbelegung wird optimiert

☐ Die Anlage ist sanierungspflichtig. Der Anlageinhaber beantragt jedoch, die Phasenoptimierung aus folgenden Gründen nicht durchzuführen

Begründung:

Datum: Unterschrift:

Firmenstempel:

Beilagen (Anzahl angeben)

Zusatzblatt zum Meldeformular
Übersichtsplan
Querprofil durch den nächstliegenden OMEN
Plan der Leiteranordnung
Querprofil mit Isoliniendarstellung der magnetischen Flussdichte
Identifizierung der zur Anlage gehörigen Leitungsstränge bei parallelen Leitungen
Auswertung von Lastflussdaten
Bestimmung der optimalen Phasenbelegung

Zusatzblatt zur Sanierungsabklärung

Unterabschnitt:

Zutreffendes ankreuzen

1 Verzeichnis der Leitungsstränge

☐ Es ist nur eine Leitung vorhanden.

☐ Es sind parallele Leitungen vorhanden. Die Abklärung, welche Leitungsstränge zu berücksichtigen sind, findet sich in Beilage

Zur Anlage gehörige Stränge bzw. Schleifen

ID Strang/Schleife	Bezeichnung	Inhaber	Leitungstyp*	Nennspannung (kV)	Frequenz	Bemerkung

* mögliche Einträge: Freileitung, Kabelleitung

2 Einhaltung des AGW am nächstliegenden OMEN: Grobabklärung

Thermische Grenzströme

ID Strang/Schleife	Querschnitt/Material	Thermischer Grenzstrom (A)	Bemerkung
	/		
	/		

Leiteranordnung und Richtabstand

Figur der Leiteranordnung mit Vermassung in Beilage

Grösster Abstand q zwischen zwei Leitern eines Leitungsstrangs/einer Schleife: m

Richtabstand r zur Einhaltung des AGW gemäss nachstehender Tabelle: m

Zweisträngige Leitung

Richtabstand r zwischen einem OMEN und dem geometrischen Schwerpunkt des Leitungsstrangs

grösster Abstand q zwischen 2 Leitern desselben Strangs	thermischer Grenzstrom				
	bis 100 A	101 bis 225 A	226 bis 400 A	401 bis 625 A	626 bis 750 A
bis 20 cm	3.2 m	4.8 m	6.4 m	8.0 m	8.8 m
21 bis 40 cm	4.6 m	6.9 m	9.2 m	11.5 m	12.7 m
41 bis 60 cm	5.6 m	8.4 m	11.2 m	14.0 m	15.4 m
61 bis 80 cm	6.4 m	9.6 m	12.8 m	16.0 m	17.6 m
81 bis 100 cm	7.0 m	10.5 m	14.0 m	17.5 m	19.3 m
101 bis 200 cm	10.0 m	15.0 m	20.0 m	25.0 m	27.5 m
201 bis 400 cm	14.0 m	21.0 m	28.0 m	35.0 m	38.5 m
401 bis 620 cm	17.5 m	26.3 m	35.0 m	43.8 m	48.2 m

Nächstliegender OMEN

Beschreibung/Nutzung des nächstliegenden OMEN:

Direktabstand dieses OMEN vom geometrischen Schwerpunkt des (näher liegenden) Leitungsstrangs: m

Ergebnis:

☐ Der Direktabstand des OMEN zum näher liegenden Leitungsstrang ist grösser als der Richtabstand r.

➔ Der AGW ist an allen OMEN eingehalten.
In Ziffer 3.1 des Hauptteils des Meldeformulars übertragen mit Vermerk «Richtabstand zum nächsten OMEN eingehalten»

☐ Der seitliche Abstand des nächstliegenden OMEN von der Leitungsachse ist kleiner als 20 m oder kleiner als der doppelte Richtabstand r.

➔ Querprofil durch diesen OMEN beilegen: Beilage

3 Massgebende Kombination der Lastflussrichtungen

50 Hz-Stränge

Strang m / Strang n	Massgebende Kombination der Lastflussrichtungen*	Grundlage**	Sicherheit des Ergebnisses***	Bemerkung
/				
/				
/				

* mögliche Einträge: gleichsinnig; gegenläufig; ungekoppelt
** mögliche Einträge: Schätzung; Betriebsaufzeichnung;
*** mögliche Einträge: sicher; unsicher. Wenn «unsicher» eingetragen wird, ist dies in Ziffer 3.1 bzw. 3.2 des Hauptteils des Meldeformulars zu vermerken

16.7 Hz-Schleifen

Schleife i / Schleife j	Massgebende Kombination der Lastflussrichtungen*	Grundlage**	Sicherheit des Ergebnisses***	Bemerkung
/				
/				
/				

* mögliche Einträge: gleichsinnig; gegenläufig; ungekoppelt
** mögliche Einträge: Schätzung; Betriebsaufzeichnung
*** mögliche Einträge: sicher; unsicher. Wenn «unsicher» eingetragen wird, ist dies in Ziffer 3.1 bzw. 3.2 des Hauptteils des Meldeformulars zu vermerken

Bemerkungen:

4 Überprüfung der Phasenbelegung

Figur der **aktuellen** Phasenbelegung in Beilage

Figur der **optimalen** Phasenbelegung in Beilage

Modellierungen zur Identifizierung der optimalen Phasenbelegung in Beilage

Ergebnis:

☐ Die aktuelle Phasenbelegung ist optimal.
➔ In Ziffer 3.1 des Hauptteils des Meldeformulars übertragen mit Vermerk «Phasenbelegung optimiert»

☐ Die aktuelle Phasenbelegung ist nicht optimal

5 Einhaltung des AGW an OMEN: Detaillierte Abklärung

Massgebende Ströme

ID Strang/Schleife	Querschnitt/Material	Thermischer Grenzstrom (A)	Massgebender Strom (A)	Bemerkung
	/			
	/			
	/			
	/			

* Wenn der massgebende Strom niedriger ist als der thermische Grenzstrom, ist dies in Ziffer 3.1 des Hauptteils des Meldeformulars zu vermerken

Untersuchungsperimeter

Dokumentation der Bestimmung des Legitimationsperimeters in Beilage

Dokumentation der Bestimmung des Untersuchungsperimeters in Beilage
➔ Legitimations- und Untersuchungsperimeter im Übersichtsplan einzeichnen.

OMEN innerhalb des Untersuchungsperimeters

OMEN Nr.	Lage	Beschreibung/Nutzung	Querprofil (Beilage Nr.)	Bemerkung

Ergebnis:

☐ Alle OMEN liegen ausserhalb der 1 µT-Isolinie. Der AGW ist eingehalten.
➔ In Ziffer 3.1 des Hauptteils des Meldeformulars übertragen mit Vermerk «AGW an allen OMEN eingehalten».

> Anhang 3

A3 Meldeformular: Planungsabstand für neue Bauzonen bei einer Hochspannungsleitung

A3-1 Anleitung zum Ausfüllen des Meldeformulars

In der Regel sind geplante Neueinzonungen lokal begrenzt und tangieren bestehende oder geplante Hochspannungsleitungen nur auf einem relativ kurzen Abschnitt. Man kann daher davon ausgehen, dass auf dem kurzen zu untersuchenden Leitungsabschnitt die Konfiguration der Leitung (Leiteranordnung, Anzahl Leitungsstränge, massgebender Betriebszustand) nicht ändert. Das Meldeformular ist deshalb auf eine einzige Konfiguration zugeschnitten. Sollte ausnahmsweise mehr als eine Konfiguration zu beurteilen sein, dann soll der Leitungsabschnitt in Unterabschnitte aufgeteilt und für jeden Unterabschnitt ein Meldeformular ausgefüllt werden.

Eine Word-Vorlage des Meldeformulars, bei der sich die Grösse der Tabellenzeilen automatisch an die Länge der Einträge anpasst, kann von der Homepage des BAFU *(www.bafu.admin.ch/elektrosmog/01100/01108/04391/index.html?lang=de)* heruntergeladen werden. Zum Ausfüllen von Meldeformularen soll nur diese Vorlage verwendet werden.

A3-1.1 Zu Ziffer 1: Allgemeine Angaben

Bezeichnung der Leitung

Die (grösserräumige) Bezeichnung der Leitung.

Untersuchter Leitungsabschnitt

Bezeichnung des im vorliegenden Meldeformular behandelten Leitungsabschnittes.

Beispiele:
- > Mast 10 bis 12
- > Entlang den Parzellen 1013 und 1014

A3-1.2 Zu Ziffer 2: Technische Daten

Hier sind die technischen Daten der Anlage anzugeben, für die der Planungsabstand berechnet wird. Bei bestehenden Leitungen muss es sich um die Anlagedaten und den massgebenden Betriebszustand gemäss Plangenehmigung handeln. Bei geplanten Leitungen, die sich bereits im Plangenehmigungsverfahren (PGV) befinden, sind die Angaben gemäss der Planvorlage massgebend. Ist eine Leitung geplant, aber noch nicht im PGV, dann sind plausible Annahmen über die Leiteranordnung, Phasenbelegung und den Betrieb einzusetzen.

A3-1.2.1 Zu Ziffer 2.1: Verzeichnis der Leitungsstränge

In der Tabelle werden die zur Anlage gehörigen Leitungsstränge bzw. Schleifen aufgeführt. Im Falle von parallelen Leitungen ist gemäss den Verfahren von Kapitel 2.1.3 zu prüfen und in einer Beilage zu dokumentieren, welche Leitungsstränge zusammen als eine Anlage gelten.

Zu einzelnen Spalten der Tabelle

Leitungstyp

Mögliche Einträge:
- Freileitung
- Kabelleitung

Massgebender Strom

Hier wird für jeden Leitungsstrang der massgebende Strom (Kapitel 2.4.1) gemäss Plangenehmigung eingesetzt. Wurde dieser Wert in der Plangenehmigung nicht festgelegt oder befindet sich die Leitung erst in Planung, dann ist der thermische Grenzstrom einzusetzen.

A3-1.2.2 Zu Ziffer 2.2: Massgebende Kombination der Lastflussrichtungen

Diese Ziffer muss für Anlagen ausgefüllt werden, die zwei oder mehr Leitungsstränge gleicher Frequenz enthalten.

Ausführliche Hintergrundinformationen zu dieser betrieblichen Angabe finden sich in den Kapiteln 2.4.2 und 8.6.

In der Tabelle «50 Hz-Stränge» ist für jedes Paar von 50 Hz-Strängen, die in der Tabelle unter Ziffer 1 aufgeführt sind, eine Zeile auszufüllen. Analoges gilt für die 16.7 Hz-Schleifen unter sich. Kombinationen zwischen zwei Strängen unterschiedlicher Frequenz fallen nicht in Betracht.

Bei zwei Strängen gibt es einen Eintrag (ein Paar), bei drei Strängen deren drei, bei vier Strängen sechs Paare etc.

Zu einzelnen Spalten der Tabellen

Massgebende Kombination der Lastflussrichtungen

Mögliche Einträge:
- gleichsinnig
- gegenläufig
- ungekoppelt

Grundlage

Hier ist anzugeben, ob es sich bei der angegebenen Kopplung um eine qualitative Einschätzung handelt oder ob sie aufgrund einer Auswertung von Lastflussdaten gemäss Kapitel 8.6 bestimmt wurde. Ist letzteres der Fall, dann soll das Ergebnis der statistischen Analyse beigelegt und in der Tabelle auf diese Beilage verwiesen werden.

A3-1.3 Zu Ziffer 3: Planungsabstand

Für die vorliegende Leiteranordnung, Phasenbelegung und die Betriebsgrössen gemäss Ziffer 2 wird die 1 µT-Isolinie der magnetischen Flussdichte in der Ebene senkrecht zur Leitungsachse modelliert (Kapitel 8.1.4) und in einer Beilage als Querprofil grafisch dargestellt. Die maximale seitliche Ausdehnung der 1 µT-Isolinie entspricht dem Planungsabstand.

Auf einem Übersichtsplan in geeignetem Massstab wird der Planungsabstand in Form eines Korridors eingetragen.

Meldeformular
Planungsabstand für neue Bauzonen bei Hochspannungsleitungen

1 Allgemeine Angaben

Bezeichnung der Leitung:

Untersuchter Leitungsabschnitt:

Leitung bestehend: ☐
Leitung geplant: ☐

Beteiligte Firmen: Leitungsinhaber 1:

Leitungsinhaber 2:

Leitungsinhaber 3:

Nummer der Plangenehmigung:

2 Technische Daten

2.1 Verzeichnis der Leitungsstränge

☐ Es ist nur eine Leitung vorhanden.
☐ Es sind parallele Leitungen vorhanden. Die Abklärung, welche Leitungsstränge zu berücksichtigen sind, findet sich in Beilage

Zur Anlage gehörige Stränge bzw. Schleifen

ID Strang/Schleife	Bezeichnung	Inhaber	Leitungstyp*	Nennspannung (kV)	Frequenz	Bemerkung

* mögliche Einträge: Freileitung, Kabelleitung

☐ Pro Frequenz ist nur ein Leitungsstrang bzw. eine Schleife vorhanden.
➔ Die Lastflussrichtungen sind für die Berechnung des Planungsabstandes nicht relevant. Ziffer 2.2 muss nicht ausgefüllt werden.

☐ Es sind zwei oder mehr Leitungsstränge/Schleifen gleicher Frequenz vorhanden.
➔ Die Lastflussrichtungen sind für die Berechnung des Planungsabstandes relevant. Ziffer 2.2 muss ausgefüllt werden.

Bemerkungen:

2.2 Massgebende Kombination der Lastflussrichtungen

50 Hz-Stränge

Strang m / Strang n	Massgebende Kombination der Lastflussrichtungen*	Grundlage**	Bemerkung
/			
/			
/			

* mögliche Einträge: gleichsinnig; gegenläufig; ungekoppelt
** mögliche Einträge: Schätzung; Betriebsaufzeichnung

16.7 Hz-Schleifen

Schleife i / Schleife j	Massgebende Kombination der Lastflussrichtungen*	Grundlage**	Bemerkung
/			
/			
/			

* mögliche Einträge: gleichsinnig; gegenläufig; ungekoppelt
** mögliche Einträge: Schätzung; Betriebsaufzeichnung

Bemerkungen:

3. Planungsabstand

Der Planungsabstand ab Leitungsachse beträgt: m

4. Beilagen (Anzahl angeben)

Plan der Leitergeometrie

Querprofil mit Isoliniendarstellung der magnetischen Flussdichte

Übersichtsplan

Identifizierung der zur Anlage gehörigen Leitungsstränge bei parallelen Leitungen

Datum: Unterschrift:

Firmenstempel:

> Anhang 4

A4

Thermischer Grenzstrom von Freileitungen

Thermischer Grenzstrom (zulässige Dauerstrombelastung) von gebräuchlichen Leitungsseilen und Drähten im Freien bei 40 °C Umgebungstemperatur und 0.5 m/s Luftgeschwindigkeit gemäss «Leitsätze für die zulässige Dauerstrombelastung von Leitungsseilen», SEV Nr. 198/A1.1960 und 198.1952.

Tab. 4 > Leitungsseile aus Kupfer, Aluminium oder Aldrey.

Seildurchmesser (mm)	Seilquerschnitt (mm²)	thermischer Grenzstrom (Ampere) Leitermaterial		
		Kupfer (Cu)	Aluminium (Al)	Aldrey (Ad)
5.10	16	110		85
6.42	25	145	125	115
7.56	35	175	160	150
9.06	50	220	200	190
10.90	70	280	250	240
12.60	95	340	305	290
14.20	120	400	355	340
15.90	150	460	410	395
17.60	185	525	470	450
20.10	240	625	560	535
22.50	300	720	645	620
26.10	400	870	780	745
29.00	500	-	890	860
30.50	550	-	950	915
31.90	600	-	1000	960

Für Bündelleiter mit 2er, 3er oder 4er-Bündeln beträgt der thermische Grenzstrom das 2-, 3- oder 4-Fache des Wertes in der Tabelle.

Tab. 5 > Leitungsseile aus Aluminium/Stahl und Aldrey/Stahl.

Seildurchmesser (mm)	Nennquerschnitt Al bzw. Ad + Stahl (mm²)	thermischer Grenzstrom (Ampere) Leitermaterial	
		Aluminium (Al)/Stahl	Aldrey (Ad)/Stahl
5.10	14 + 2		80
6.42	21 + 4	115	110
7.56	30 + 5	145	140
9.06	43 + 7	185	175
10.90	60 + 10	230	220
12.60	77 + 18	280	270
14.20	97 + 23	325	310
15.90	122 + 28	370	355
17.60	150 + 35	425	405
20.10	195 + 45	505	480
22.50	243 + 57	580	-
22.50	265 + 35	-	580
26.10	355 + 45	735	700
29.00	440 + 60	850	815
30.50	485 + 65	900	860
31.90	530 + 70	950	910

Für Bündelleiter mit 2er, 3er oder 4er-Bündeln beträgt der thermische Grenzstrom das 2-, 3- oder 4-Fache des Wertes in der Tabelle.

Tab. 6 > Drähte aus Kupfer oder Aldrey.

Drahtdurchmesser (mm)	Drahtquerschnitt (mm²)	thermischer Grenzstrom (Ampere)	
		Leitermaterial	
		Kupfer (Cu)	Aldrey (Ad)
4	12.5	90	75
5	19.6	120	100
6	28.3	150	125
7	38.5	180	155
8	50.2	215	185

> Anhang 5

A5

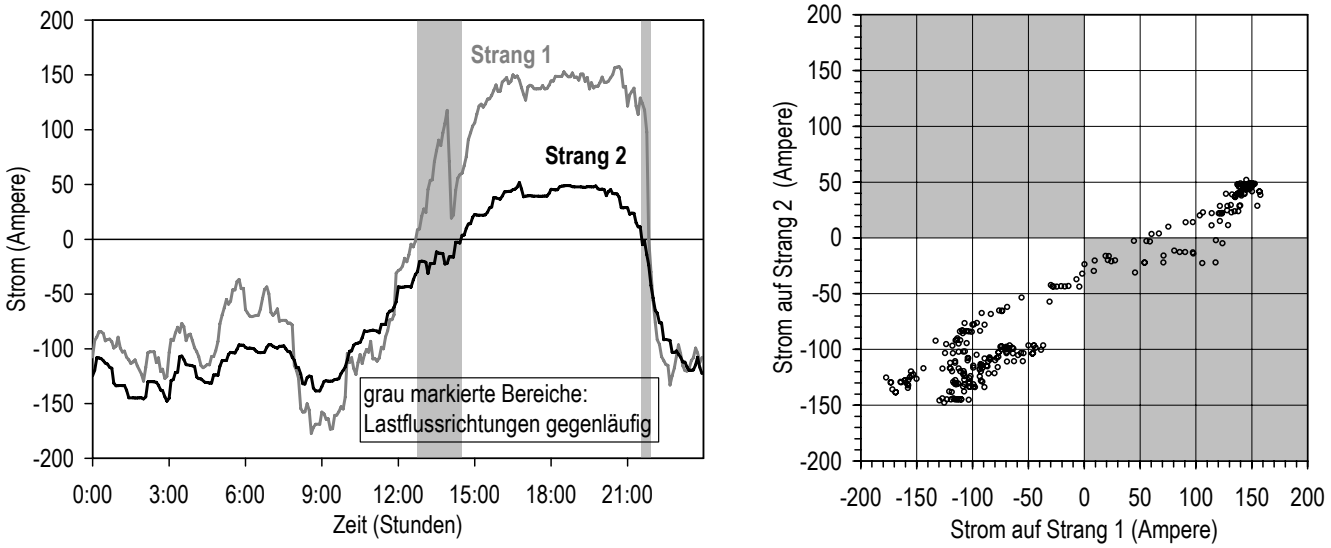
Massgebende Kombination der Lastflussrichtungen zweier Leitungsstränge

In Kapitel 2.4.2 wurde festgestellt, dass für die Festlegung des massgebenden Betriebszustandes die Lastflussrichtungen zweier Leitungsstränge im Allgemeinen nicht isoliert betrachtet werden dürfen. Vielmehr ist, insbesondere wenn Wechsel der Lastflussrichtungen vorkommen, die zeitliche Korrelation der Lastflussverläufe zu berücksichtigen.

Dies wird im Folgenden am Beispiel einer zweisträngigen Leitung illustriert, bei der die Lastflussrichtung auf beiden Strängen zweimal pro Tag wechselt. Der Leitungsstrang 1 transportiert die Energie während 62 % des Tages, der Strang 2 während 70 % des Tages in die eine Richtung (Ströme mit negativem Vorzeichen), in der übrigen Zeit fliesst die Energie in die entgegengesetzte Richtung. In Abbildung 15 sind die Lastflussprofile dieser beiden Leitungsstränge und die statistische Auswertung gemäss Kapitel 8.6.2 dargestellt für den Fall, dass die Richtungswechsel auf beiden Strängen ungefähr gleichzeitig erfolgen. Der Einfachheit halber beschränkt sich die Darstellung auf einen Ausschnitt von 24 Stunden. Der Korrelationskoeffizient k beträgt 0.82, die massgebende Kombination der Lastflussrichtungen ist somit, wie bereits vom visuellen Eindruck her erwartet, gleichsinnig.

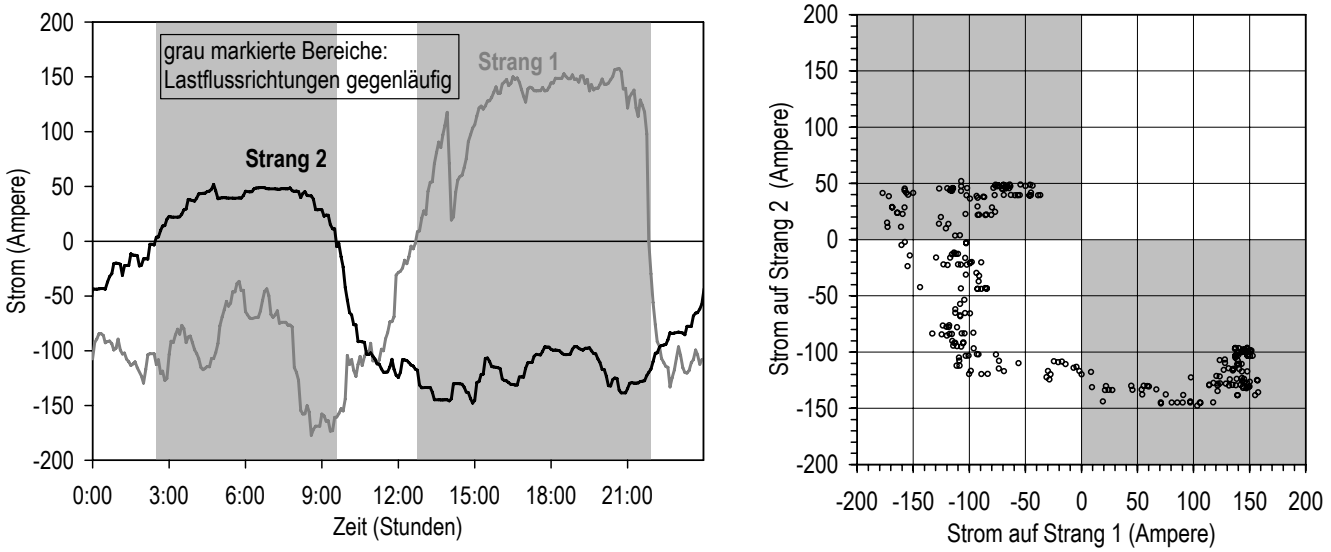
Gerade das gegenteilige Resultat erhält man, wenn die beiden Zeitprofile von Abbildung 15 um 12 Stunden gegeneinander verschoben sind. Diese Betriebssituation ist in Abbildung 16 dargestellt. Der Korrelationskoeffizient k beträgt hier -0.44, die massgebende Kombination der Lastflussrichtungen ist somit gegenläufig. Dieses Beispiel zeigt, dass es nicht ausreicht, jeden Leitungsstrang separat zu betrachten. Vielmehr muss die zeitliche Korrelation der beiden Lastflussprofile berücksichtigt werden.

Abb. 15 > Zweisträngige Leitung mit gleichsinnigen Lastflüssen.



links: Zeitprofil der Ströme während 24 Stunden
rechts: statistische Auswertung der Ströme gemäss Kapitel 8.6.2
Korrelationskoeffizient k = 0.82

Abb. 16 > Zweisträngige Leitung mit gegenläufigen Lastflüssen.



links: Zeitprofil der Ströme während 24 Stunden
rechts: statistische Auswertung der Ströme gemäss Kapitel 8.6.2
Korrelationskoeffizient k = -0.44

> Anhang 6

A6 Abschätzung der Unsicherheit von Abnahmemessungen

A6-1 Generelles Vorgehen

Das Schlussergebnis einer Abnahmemessung gemäss Kapitel 8.2 ist die Differenz ΔB zwischen der gemessenen (B_{mess}) und modellierten (B_{mod}) magnetischen Flussdichte an einem bestimmten Ort zu einer bestimmten Zeit:

$$\Delta B = \left| B_{mess} - B_{mod} \right| \tag{9}$$

Je kleiner ΔB ist, desto besser stimmt das Ergebnis der Messung der magnetischen Flussdichte mit demjenigen der Modellierung überein.

ΔB ist mit einer Unsicherheit behaftet, welche im Einzelfall zu bestimmen ist. Übereinstimmung zwischen Messung und Modellierung kann nur im Rahmen dieser Unsicherheit erwartet werden.

In der Metrologie werden die Begriffe **Standardmessunsicherheit** und **erweiterte Messunsicherheit** verwendet.

- Die Standardmessunsicherheit entspricht der Standardabweichung der Verteilung einer Messgrösse. Häufig ist dieser Wert nicht bekannt, sondern muss aufgrund von Gerätespezifikationen oder der Erfahrung berechnet/geschätzt werden.
- Die erweiterte Messunsicherheit definiert den Bereich, innerhalb dessen die Messgrösse mit einer bestimmten Wahrscheinlichkeit liegt (normalerweise wird eine Wahrscheinlichkeit von 95 % festgelegt.) Bei einer normalverteilten (gaussverteilten) Messgrösse ist die erweiterte Messunsicherheit für einen Vertrauensbereich von 95 % 1.96 mal grösser als die Standardmessunsicherheit. In der Metrologie wird dieser Faktor normalerweise auf den Wert 2 aufgerundet.

Zur Berechnung der gesamten, erweiterten Unsicherheit U werden alle Einflussfaktoren aufgeführt, die das Ergebnis der Messung und Modellierung beeinflussen können. Zuerst wird für jeden einzelnen Einflussfaktor p die zugehörige Unsicherheit U_p individuell abgeschätzt. Anschliessend wird daraus mit einem für die angenommene statistische Verteilung spezifischen Divisor k_p die Standardunsicherheit u_p berechnet. Die so normierten Unsicherheitsbeiträge u_p werden dann zur gesamten Standardunsicherheit u addiert. Beide Schritte sind in Gleichung (10) zusammengefasst.

$$u = \sqrt{\sum_p u_p^2} = \sqrt{\sum_p \left(\frac{U_p}{k_p} \right)^2} \tag{10}$$

Aus der gesamten Standardunsicherheit u erhält man schliesslich die gesamte erweiterte Unsicherheit U nach

$$U = 2 \cdot u \tag{11}$$

Dabei bedeuten:

p	Index für die einzelnen Einflussfaktoren
k_p	Divisor für den Einflussfaktor p zur Reduktion auf die Standardunsicherheit
u_p	Standardunsicherheit des Einflussfaktors p
u	Standardunsicherheit der Abnahmemessung (alle Einflussfaktoren kombiniert)
U_p	Spezifizierter/geschätzter Unsicherheitsbeitrag des Einflussfaktors p
U	Erweiterte Unsicherheit der Abnahmemessung (alle Einflussfaktoren kombiniert)

Für die Wahl des Divisors k_p zur Umrechnung von U_p auf die Standardunsicherheit u_p gelten folgende Regeln:

- Unsicherheitsangaben, die aus einem Kalibrierzertifikat stammen, sind normalerweise als 95 % Konfidenz-Werte einer Normalverteilung zu verstehen. Der Divisor für die Berechnung der Standardunsicherheit beträgt in diesem Fall $k = 2$.
- Unsicherheitsangaben in den Spezifikationen des Datenblattes sind als Maximalwerte einer Rechteckverteilung zu betrachten. Der Divisor für die Berechnung der Standardunsicherheit beträgt $k = \sqrt{3}$.

A6-2 Beispiel

Zur Illustration wird nachstehend ein realitätsnahes Beispiel vorgestellt und durchgerechnet. Sämtliche Unsicherheiten, inklusive die angenommenen Verteilungsfunktionen, können je nach Situation ändern (mit Ausnahme der Vorgaben für pauschale Beiträge).

Es handelt sich bei diesem Beispiel um eine zweisträngige 380 kV-Freileitung mit Tonnenmastbild. Im seitlichen Abstand von 45 Meter rechts von der Leitungsachse wurde die magnetische Flussdichte gemessen. Der Messort lag 12 m unterhalb des untersten Leiters.

A6-2.1 Messung der magnetischen Flussdichte

Die magnetische Feldstärke wurde während 30 Minuten gemessen und aufgezeichnet. Aus dieser Aufzeichnung wurde ein Intervall von zwei Minuten ausgewählt, während dem die magnetische Flussdichte hoch und recht stabil war. Der Mittelwert der magnetischen Flussdichte B_{mess} während dieser zwei Minuten betrug 1.4 µT, die Standardabweichung des Mittelwerts 0.035 µT.

Die Unsicherheit des Messgeräts ist im technischen Datenblatt mit ± 3 % angegeben, entsprechend 0.042 µT. In diesem Wert sind die Absolutabweichung, Linearitäts-, Frequenzgang- und Isotropieabweichung, sowie die Temperatur- und Feuchteabhängigkeit eingeschlossen. Die Angabe wird als obere und untere Grenze einer Rechteckverteilung interpretiert. Diese Daten sind in Tabelle 7 zusammengestellt.

Tab. 7 > Unsicherheit der Messung der magnetischen Flussdichte.

B_{mess}: *1.4 µT.*

Einflussfaktor p	Unsicherheit des Einflussfaktors		Datenherkunft	Verteilung	Divisor	Standardunsicherheit u_p
	(%)	(µT)				(µT)
Kalibrierung Messgerät	± 3	± 0.042	Technisches Datenblatt	rechteckig	1.73	± 0.024
Zeitliche Mittelwertbildung			Standardabweichung des Mittelwerts	--	--	± 0.035

A6-2.2 Messung der Ströme

Der Strom auf dem rechten, dem Messort zugewandten Leitungsstrang betrug 1200 A, derjenige auf dem linken, dem Messort abgewandten, 800 A. Aufgrund der Kalibrierdaten der Strommesseinrichtung wird für die Ströme eine Messunsicherheit von ± 5 % veranschlagt. Dieser Wert ist als 95 %-Konfidenzintervall einer Normalverteilung zu verstehen. Dazu kommt ein pauschaler Beitrag von ± 2.5 % (Standardunsicherheit) für die zeitliche Mittelwertbildung und Abweichungen von der idealen symmetrischen Belastung der einzelnen Phasenleiter. Diese Daten sind in Tabelle 8 (rechter Leitungsstrang) und 9 (linker Leitungsstrang) zusammengestellt. Das Ergebnis findet nicht direkt Eingang in die Abschätzung der gesamten Unsicherheit, sondern dient als Input für die Zusatzmodellierung gemäss Kapitel A6-2.3.

Tab. 8 > Unsicherheit der Strommessung (rechter Leitungsstrang).

I_{mess}: 1200 A.

Einflussfaktor	Unsicherheit des Einflussfaktors		Datenherkunft	Verteilung	Divisor	Standardunsicherheit
	(%)	(A)				(A)
Messgerät	± 5	± 60	Kalibrierzertifikat	normal	2	± 30
Nichtidealitäten pauschal	± 2.5	± 30	Vorgabe Standardunsicherheit	--	--	± 30
Total						± 42

Tab. 9 > Unsicherheit der Strommessung (linker Leitungsstrang).

I_{mess}: 800 A.

Einflussfaktor	Unsicherheit des Einflussfaktors		Datenherkunft	Verteilung	Divisor	Standardunsicherheit
	(%)	(A)				(A)
Messgerät	± 5	± 40	Kalibrierzertifikat	normal	2	± 20
Nichtidealitäten pauschal	± 2.5	± 20	Vorgabe Standardunsicherheit	--	--	± 20
Total						± 28

A6-2.3 Auswirkung der Unsicherheit der Ströme auf die modellierte magnetische Flussdichte

Wie sich die Unsicherheit der Ströme auf die modellierte magnetische Flussdichte B_{mod} auswirkt, hängt stark von der konkreten Situation und dem Betriebszustand der Leitung ab und kann nicht allgemein vorausgesagt werden. Die Erhöhung des Stroms eines Leitungsstrangs kann im einen Fall zu einer Erhöhung, im andern zu einer Reduktion der magnetischen Flussdichte führen. Die Auswirkung muss daher im Einzelfall mit Hilfe des Berechnungsmodells numerisch ermittelt werden. Dazu lässt man die Modellierung nochmals ablaufen und erhöht dabei den Strom auf dem Leitungsstrang um die in Tabelle 8 ermittelte Standardunsicherheit. Die übrigen Parameter bleiben unverändert. Als Ergebnis der Neumodellierung erhält man eine leicht geänderte magnetische Flussdichte B'_{mod}. Die Differenz $|B_{mod} - B'_{mod}|$ entspricht der Standardunsicherheit der modellierten magnetischen Flussdichte infolge der Standardunsicherheit des betreffenden Stroms. Diese Neumodellierung wird für jeden Leitungsstrang einmal durchgeführt, im vorliegenden Beispiel somit zweimal. Beim zweiten Durchgang wird der Strom des linken Leitungsstrangs um die in Tabelle 9 ermittelte Standardunsicherheit erhöht. Das Ergebnis der Zusatzmodellierung ist in Tabelle 10 zusammengestellt.

Tab. 10 > Auswirkung der Unsicherheit der Ströme auf die modellierte magnetische Flussdichte.

B_{mod} : 1.510 µT (für Ströme 800 / 1200 A).

Einflussfaktor p	Ströme für die Modellierung (A)		Modellierte magnetische Flussdichte (µT)	
	links	rechts	Ergebnis der Modellierung	Standardunsicherheit
			B'_{mod}	$u_p = \pm\lvert B_{mod} - B'_{mod}\rvert$
Strom links	828	1200	1.486	± 0.024
Strom rechts	800	1242	1.586	± 0.076

A6-2.4 Schlussergebnis der Abnahmemessung

Die Abweichung ΔB zwischen der Messung und Modellierung der magnetischen Flussdichte beträgt gemäss Gl. (9)

$$\Delta B = 1.51 - 1.40\ \mu T = 0.11\ \mu T$$

Die gesamte Unsicherheit ergibt sich aus allen Beiträgen aus den Tabellen 7 und 10 plus einem pauschalen Beitrag von ± 3 % für die Unsicherheit des Modells und der Distanzbestimmung. Diese Beiträge sind in Tabelle 11 zusammengestellt.

Tab. 11 > Gesamte Unsicherheit der Abnahmemessung.

	Einflussfaktor p	Standardunsicherheit u_p (µT)
Messung der magnetischen Flussdichte	Messgerät	± 0.024
	Zeitliche Mittelwertbildung	± 0.035
Modellierung	Strom links	± 0.024
	Strom rechts	± 0.076
	Modell, Pauschalbeitrag (± 3 %)	± 0.045
Gesamte Standardunsicherheit $u = \sqrt{\sum_p u_p^2}$	± 0.101 µT	
Gesamte erweiterte Unsicherheit $U = 2 \cdot u$	± 0.202 µT	

> Die Abweichung zwischen Messung und Modellierung beträgt 0.11 µT.
> Dieser Wert ist mit einer erweiterten Unsicherheit von ± 0.202 µT behaftet.
> Die Abweichung ist kleiner als die Unsicherheit.
Messung und Modellierung stimmen deshalb im Rahmen der Unsicherheit überein.
> Das Berechnungsmodell gilt als validiert.

> Anhang 7

A7

Anforderungen bei Anpassungen alter Anlagen

Wenn eine Anlage, die vor 1.2.2000 bewilligt wurde (d.h. eine im Sinn der NISV «alte Anlage»), angepasst werden soll, dann hat sie im Rahmen der vorsorglichen Emissionsbegrenzung der NISV je nach Art des Vorhabens unterschiedliche Anforderungen zu erfüllen. Gewisse Anpassungen gelten als «Änderung einer alten Anlage»; andere führen dazu dass eine alte Anlage den Status einer neuen Anlage erhält. Bei den übrigen Anpassungen, soweit sie zu keiner Änderung der magnetischen Flussdichte im massgebenden Betriebszustand führen, enthält die NISV keine spezifischen Vorgaben; es gelten daher nach wie vor die Anforderungen an «alte Anlagen».

Die Definitionen und Anforderungen sind im Detail in den Kapiteln 2.5, 2.6 und 3.1 erläutert. Für den schnellen Überblick sind in Tabelle 12 die häufig vorkommenden Vorhaben einer der drei Kategorien zugeordnet. Diese Zuordnung gilt jeweils nur für denjenigen Leitungsabschnitt, der tatsächlich angepasst werden soll.

Nicht anwendbar ist diese Tabelle für Umbauten von Anlagen, die ab 1.2.2000 bewilligt wurden (im Sinn der NISV «neue Anlagen»). Bei Umbauten solcher Anlagen gelten in jedem Fall die Anforderungen für neue Anlagen, auch bei nachträglichen Anpassungen.

Tab. 12 > Vorhaben bei alten Anlagen.

Vorhaben	Leitungstyp	Kriterien (kumulativ)	NISV: Anforderungen für			Kapitel
			alte Anlagen	Änderung einer alten Anlage	neue Anlagen	
Verlegen von Masten	Freileitungen	ein einzelner Mast	X			2.5.2
		zwei oder mehr aufeinander folgende Masten			X	
Verlegen des Rohrblocks	Kabelleitungen				X	2.5.2
Ersatz von Masten	Holzmastenleitungen	auf bestehendem Trassee	X			2.5.3, 2.6.4
	Beton- und Gittermast-Freileitungen	• auf bestehenden Fundamenten • gleiche Höhe, gleiches Mastbild	X			
		• ein einzelner Mast auf neuem Fundament • gleiche Höhe, gleiches Mastbild	X			
		• zwei oder mehr aufeinander folgende Masten • neue Fundamente			X	2.5.3
Erhöhung von Masten	Freileitungen	auf bestehenden Fundamenten		X		2.6.1
Auflegen eines zusätzlichen Leitungsstrangs	Freileitungen	auf bestehende Masten		X		
Einzug von zusätzlichen Einleiterkabeln	Kabelleitung	in bestehende, leere Rohre		X		
Einzug von Einleiterkabeln in einen leeren Rohrblock	Kabelleitungen	Bewilligung für den Rohrblock vor 1.2.2000	X			2.5.1, 2.6.1
Ersatz der Ausleger	Freileitungen	Position der Aufhängepunkte (Mastbild) unverändert	X			2.6.4
		Position der Aufhängepunkte (Mastbild) geändert		X		2.6.1
Neue Leitung parallel zu einer bestehenden	Frei- und Kabelleitungen	bestehende und neue Leitung bilden zusammen eine gemeinsame Anlage		X		2.1.3, 2.6.1
Änderung der Phasenbelegung	Frei- und Kabelleitungen	mindestens zwei Leitungsstränge gleicher Frequenz		X		2.6.3
Ersatz der Leiter	Freileitungen	• unveränderter thermischer Grenzstrom • unveränderter Durchhang	X			2.6.4
		höherer thermischer Grenzstrom und/oder grösserer Durchhang		X		2.6.2
	Kabelleitungen	unveränderter thermischer Grenzstrom	X			2.6.4
		höherer thermischer Grenzstrom		X		2.6.2
Erhöhung der Spannung	Freileitungen	• unveränderte Position der Aufhängepunkte der Leiter • unveränderter thermischer Grenzstrom	X			2.6.4
Unterhaltsarbeiten	Frei- und Kabelleitungen	ohne Einfluss auf die magnetische Flussdichte im massgebenden Betriebszustand	X			2.6.4

> Abkürzungen / Glossar

Begriff/Abkürzung	Bedeutung/Erläuterung	Kapitel
Abnahmemessung	Integraler Ansatz zur Validierung des *Leitungsmodells*. Beinhaltet Messung der magnetischen Flussdichte, der Betriebsparameter der Leitung, des Abstandes zwischen Leitung und Messort sowie Modellierung der magnetischen Flussdichte.	8.2
AGW	Anlagegrenzwert	2.3
Alte Anlage	Plangenehmigung rechtskräftig vor 1.2.2000	2.5; A7
Änderung einer Anlage	Definition und Anforderungen gemäss NISV: siehe Text	2.6; 3.1.3; A7
BAV	Bundesamt für Verkehr	1.1
BFE	Bundesamt für Energie	1.1
BGÖ	Bundesgesetz über das Öffentlichkeitsprinzip der Verwaltung (Öffentlichkeitsgesetz), SR 152.3	4.2
Elektrisches Feld	Geht von Leitern aus, die unter Spannung stehen. Von Bedeutung bei Freileitungen. Bei Kabelleitung wird das elektrische Feld durch den Kabelmantel und das Erdreich abgeschirmt.	
Elektrische Feldstärke	Mass für die Intensität des elektrischen Feldes. Symbol: E Einheit: Volt pro Meter, V/m	
ESTI	Eidg. Starkstrominspektorat	1.1
Frequenz	Anzahl Schwingungen pro Sekunde. Symbol: f Einheit: Hertz (Hz). Dreiphasenwechselstrom: 50 Hz Bahnstrom: 16.7 Hz	
Hochspannungsleitung	Elektrische Leitung mit einer Nennspannung von mindestens 1000 V (Wechselspannung) oder 1500 V (Gleichspannung)	
IGW	Immissionsgrenzwert	3.2
Isolinie der magnetischen Flussdichte	Eine Linie in einem Plan oder Querprofil, die Orte gleicher magnetischer Flussdichte verbindet. Vorliegend wird häufig die 1 µT-Isolinie verwendet. Diese grenzt den Raumbereich ein, in dem der Anlagegrenzwert im massgebenden Betriebszustand überschritten ist.	
Lastflussrichtung	Richtung, in die die elektrische Energie transportiert wird.	
Lastwinkel	Phasenverschiebung zwischen Strom und Spannung.	8.2.2
Legitimationsperimeter	Ein Korridor beidseits einer geplanten oder bestehenden Hochspannungsleitung. Längerer Aufenthalt oder Grundbesitz in diesem Perimeter legitimieren zur Einsprache oder Beschwerde im Plangenehmigungsverfahren.	2.9.2; 8.5.1
Leitungsmodell	Ein Satz von Parametern, der eine Hochspannungsleitung geometrisch und elektrisch charakterisiert. Diese Parameter dienen als Input für das Berechnungsprogramm bei der Modellierung der magnetischen Flussdichte und elektrischen Feldstärke.	8.1.2
Leitungsstrang	Die drei Phasenleiter eines Stromkreises beim Dreiphasen-Wechselstrom. Für Übertragungsleitungen der Eisenbahn siehe *Schleife*.	
LeV	Verordnung über elektrische Leitungen (Leitungsverordnung), SR 734.31	
Magnetfeld	Geht von Leitern aus, die Ströme führen. Sowohl für Frei- als auch für Kabelleitungen von Bedeutung.	
Magnetische Flussdichte	Ein Mass für die Intensität des Magnetfeldes. Symbol: B Einheit: Tesla (in der Vollzugshilfe durchwegs Mikrotesla, µT)	
Massgebender Betriebszustand	Ein definierter Betriebszustand einer Leitung, für welchen die vorsorglichen Emissionsbegrenzungen (z.B. der Anlagegrenzwert) einzuhalten sind.	2.4

Begriff/Abkürzung	Bedeutung/Erläuterung	Kapitel
Massgebende Kombination der Lastflussrichtungen	Definition und Erläuterungen siehe Text.	2.4.2, 8.6
Massgebender Strom	Definition siehe Text	2.4.1
Neue Anlage	Plangenehmigung rechtskräftig ab 1.2.2000	2.5, A7
NISV	Verordnung über den Schutz vor nichtionisierender Strahlung, SR 814.710	
OKA	Ort für den kurzfristigen Aufenthalt	2.8
OMEN	Ort mit empfindlicher Nutzung	2.7
Orientierende Messung	Messung der magnetischen Flussdichte ohne gleichzeitige Registrierung der Betriebsparameter der Leitung	8.2.1
PGV	Plangenehmigungsverfahren	
Phasenwinkel	Phasenlage des Stroms eines Phasenleiters gegenüber einer Referenz. Beim Dreiphasenwechselstrom im Idealfall 0, -120°, 120°.	8.1.4
Planungsabstand	Abstand, der bei der Einzonung neuer Bauzonen von einer bestehenden oder raumplanungsrechtlich festgesetzten Leitung zu beachten ist	A3
Richtabstand	Abstand von einer Hochspannungsleitung, in dem der Anlagegrenzwert im massgebenden Betriebszustand mit Sicherheit eingehalten ist. Es handelt sich um eine konservative Angabe für den ungünstigsten Fall. Anwendbar nur bei ein- oder zweisträngigen Leitungen.	8.3
RPG	Bundesgesetz über die Raumplanung (Raumplanungsgesetz), SR 700	
Sanierung	Die bei einer alten Anlage.zur Einhaltung der NISV notwendigen Massnahmen Es handelt sich um die Optimierung der Phasenbelegung oder Massnahmen zur Einhaltung des IGW für die elektrische Feldstärke. Nicht gemeint sind Wartungs- und Erneuerungsarbeiten zur Gewährleistung der technischen Sicherheit.	3.1.2; 3.2; 6; A2
Schleife	Die zwei Phasenleiter eines Stromkreises bei Übertragungsleitungen der Eisenbahnen. Für Leitungen mit Dreiphasen-Wechselstrom siehe *Leitungsstrang*.	
Stromstärke	Symbol: I Einheit: Ampère (A)	
SÜL	Sachplan Übertragungsleitungen	3.3; 7.2
Thermischer Grenzstrom	Definition siehe Text	2.4.1, A4
Unterabschnitt	Der zu beurteilende Leitungsabschnitt wird wenn nötig in Unterabschnitte unterteilt. Ein Unterabschnitt zeichnet sich dadurch aus, dass Status gemäss NISV, die Anzahl Leitungsstränge, die gegenseitige Anordnung der Leiter und der massgebende Betriebszustand über die ganze Länge unverändert sind.	A1; A2
Untersuchungsperimeter	Korridor beidseits einer Hochspannungsleitung, in dem der AGW für die magnetische Flussdichte, je nach Höhe über Boden, überschritten sein kann. Für OMEN innerhalb dieses Perimeters muss die magnetische Flussdichte ermittelt und im Standortdatenblatt angegeben werden.	2.9.1; 8.5.2
USG	Bundesgesetz über den Umweltschutz (Umweltschutzgesetz), SR 814.01	
UVP	Umweltverträglichkeitsprüfung	
VEAB	Verordnung über elektrische Anlagen von Bahnen, SR 734.42	
Vorsorgliche Emissionsbegrenzungen	Definition und Erläuterungen siehe Text	3.1
VPeA	Verordnung über das Plangenehmigungsverfahren für elektrische Anlagen, SR 734.25	
VwVG	Bundesgesetz über das Verwaltungsverfahren, SR 172.021	4.1