NETZRAUM KÄRNTEN

PCI-Vorantragsabschnitt

UVE-Konzept

Fachbereich

Elektromagnetische Felder

April 2026

Ersteller:

Austrian Power Grid AG
DI Oskar Oberzaucher
DI Klemens Reich

Ein Kooperationsprojekt von

Österreich braucht Strom.

Ersteller:

Austrian Power Grid AG
Wagramer Straße 19
1220 Wien

DI Oskar Oberzaucher
Oskar.Oberzaucher@apg.at

DI Klemens Reich
Klemens.Reich@apg.at

Inhalt

1	**Zielsetzung**	**4**
2	**Methodik**	**5**
2.1	Bewertungsmethodik	5
2.1.1	Grundlagen der EMF	5
2.1.2	Erhebung von EMF	6
2.1.3	Betriebszustände	8
2.1.4	Grenz-, Referenz- und Richtwerte	9
2.1.5	Untersuchungsrahmen	14
2.2	Untersuchungsräume	14
3	**Übergeordnete Pläne und Programme**	**15**
4	**Erhebung des Ist-Zustandes**	**16**
5	**Auswirkungsanalyse**	**17**
5.1	Hochfrequente elektromagnetische Wechselfelder	17
5.2	Auswirkungen auf elektrische Betriebsmittel	17
5.3	Kumulationsanalyse	17
5.4	Störfallbetrachtung	18
5.5	Exemplarische Darstellung der Ergebnisse	18
6	**Maßnahmen**	**20**
7	**Beweissicherung und Kontrolle**	**21**
8	**Zusammenfassende Beurteilung**	**22**
9	**Grundlagen für die Erstellung des Gutachtens**	**23**
10	**Verzeichnisse**	**24**
10.1	Abbildungsverzeichnis	24
10.2	Tabellenverzeichnis	24

1 Zielsetzung

Ziel des vorliegenden Dokuments ist die Darstellung der Prüfungsschwerpunkte und der relevanten Fragestellungen, welche bei der Erstellung des Fachbeitrages Elektromagnetische Felder für das Vorhaben „Netzraum Kärnten“ vorgesehen sind. Dies erfolgt entsprechend dem UVE-Leitfaden (BMNT, 2019) durch die Festlegung des Untersuchungsrahmens (Abschätzung der voraussichtlichen erheblichen Umweltauswirkungen je Schutzgut). Zudem werden die entsprechenden Untersuchungsmethoden und die Untersuchungstiefe festgelegt.

Im zu erstellenden UVE-Fachbeitrag Elektromagnetische Felder werden die Auswirkungen des geplanten Vorhabens Netzraum Kärnten hinsichtlich elektrischer, magnetischer und elektromagnetischer Felder erfasst und in Hinblick auf die Einhaltung der Vorgaben zum Schutz vor möglichen gesundheitlichen Auswirkungen fachspezifisch beurteilt.

Dazu wird zunächst der Ist-Zustand der Exposition gegenüber elektromagnetischen Feldern im Untersuchungsraum ermittelt. Weiters werden die durch das geplante Vorhaben zu erwartenden elektrischen und magnetischen Feldeinträge dargestellt und im Hinblick auf die Einhaltung bestehender Grenzwerte beurteilt. Anschließend erfolgt die Darstellung von Maßnahmen, mit denen Auswirkungen des Vorhabens auf die Umwelt vermieden bzw. verringert werden. Der Inhalt des Fachbeitrags gliedert sich wie folgt:

- Beschreibung des Untersuchungsraumes sowie des Ist-Zustands mit Hinblick auf elektrische und magnetische Expositionen
- Beschreibung der für die Beurteilung relevanten Grenz-, Referenz- und Richtwerte
- Beschreibung der für die Beurteilung relevanten Betriebszustände der sowie der angewandten Methodik für die Berechnung und Messung von EMF
- Darstellung der projektbedingten Auswirkungen (umfasst auch die Betrachtung von Störfällen)
- Beschreibung der Maßnahmen zur Verringerung von elektrischen und magnetischen Feldeinträgen
- Beschreibung der Schritte zur Beweissicherung und zur begleitenden Kontrolle
- Zusammenfassende Darstellungen der Ergebnisse und Bewertung der Umweltverträglichkeit aus der Sicht des Fachbereiches Elektromagnetische Felder

2 Methodik

2.1 Bewertungsmethodik

In diesem Kapitel findet sich ein Überblick über die allgemeinen Grundlagen und Möglichkeiten zur Erhebung von EMF. Weiters werden die relevanten Betriebszustände, sowie die für die Beurteilung relevanten, nationalen Grenzwertregelungen und deren internationale Grundlage dargestellt. Abschließend wird der Untersuchungsrahmen definiert.

2.1.1 Grundlagen der EMF

Die elektromagnetische Feldsituation im Zusammenhang mit elektrischen Anlagen lässt sich folgendermaßen zusammenfassen. Der gegenständliche Frequenzbereich mit einer Grundschwingung von 50 Hertz rechtfertigt eine sogenannte entkoppelte Betrachtungsweise, die elektromagnetische Feldsituation kann getrennt und unabhängig voneinander als quasielektrostatisches Feld und quasimagnetostationäres Feld angesehen und untersucht werden.

Zwar führen die mit den Strömen verknüpften zeitlich veränderlichen, magnetischen Wechselflüsse zu elektrischen Spannungsverteilungen und in Folge gegebenenfalls zu entsprechenden Stromverteilungen (in diesem Zusammenhang ist hier vor allem das Auftreten von Erdseilströmen und Erdrückströmen relevant), zeitlich veränderliche elektrische Flussverteilungen („Verschiebungsströme“) haben jedoch keinen Einfluss auf die magnetischen Spannungsverteilungen.

Im Allgemeinen ergeben sich in der Umgebung mehrphasiger Systeme für Feldstärken und Flussdichten elliptische Drehfelder, das heißt der Feldvektor ändert periodisch nicht nur den Betrag seines Augenblickswertes, sondern dreht auch kontinuierlich seine Richtung. Je nach Überlagerung, abhängig von Mastgeometrie, Phasenfolge und Standort kann sich das Drehfeld einem reinen Wechselfeld (konstante Richtung bei sinusförmigem Verlauf des Feldvektors) oder einem kreisförmigen Drehfeld (zeitlich konstanter Feldvektorbetrag bei gleichförmiger Richtungsänderung) annähern.

2.1.1.1 Elektrisches Feld

Das elektrische Feld ist verknüpft mit der elektrischen Betriebsspannung und unabhängig von der Strombelastung. Unmittelbar nach Inbetriebnahme einer elektrischen Anlage, d.h. nach Aufschalten der Betriebsspannung wird das elektrische Feld stationär und unabhängig vom Lastfall aufgebaut. Eine leerlaufende Leitung verursacht zum Beispiel dasselbe elektrische Feld wie eine vollausgelastete Leitung. Das elektrische Feld nimmt mit zunehmendem Abstand zur Quelle stark ab (ca. quadratisch mit dem Abstand).

Das elektrische Feld kann durch elektrisch leitfähige Strukturen stark beeinflusst und verzerrt werden. In diesem Zusammenhang sind zahlreiche natürliche (Pflanzen, Sträucher, Büsche, Bäume) inklusive biologischer Medien (menschlicher Körper) und technische Materialien (Mauerwerke, etc.) als elektrisch leitfähig anzusehen. Wie sämtliche Angaben in der Literatur und auch die Erfahrungen eigener Messungen ergeben, werden elektrische Felder im Inneren von Gebäuden um ein Vielfaches abgeschwächt und sind in der Praxis nicht mehr nachweisbar.

2.1.1.2 Magnetisches Feld

Das magnetische Feld ist verknüpft mit der Strombelastung und zeigt im Allgemeinen wie diese einen typischen zeitabhängigen Verlauf, z.B. Tageszyklus. Das magnetische Feld ist direkt proportional zur Auslastung einer elektrischen Anlage, verschwindet annähernd bei sehr schwacher Auslastung und erreicht beim Nennstrom seinen Höchstwert. Das magnetische Feld nimmt, wie auch das elektrische Feld mit zunehmendem Abstand zur Quelle stark ab (ca. quadratisch mit dem Abstand).

Im Gegensatz zum elektrischen Feld wird das magnetische Feld durch den Großteil der natürlichen und technischen Materialien kaum beeinflusst, da diese magnetisch inaktiv sind, d.h. es kommt zu keinerlei Wechselwirkung bzw. rückwirkender Feldbeeinflussung.

2.1.2 Erhebung von EMF

Die Erhebung von EMF kann prinzipiell durch Berechnung und Messung erfolgen, wobei die Berechnung einer Messung im Allgemeinen vorzuziehen ist. Dies begründet sich vor allem dadurch, dass eine Messung grundsätzlich eine große Zahl an potenziell unbekannten Faktoren mit sich bringt und die physikalischen Grundlagen der elektrischen und magnetischen Felder für eine Berechnung vollständig bekannt und beschrieben sind. Bei Vorliegen von komplexen Expositionssituationen mit mehreren Emissionsquellen (z.B. Umspannwerke) oder zur Beweissicherung stellen Messungen jedoch eine sinnvolle Möglichkeit zur ergänzenden Erhebung von EMF dar.

2.1.2.1 Messung von EMF

Für Messungen wird ein, für die Erfassung niederfrequenter Felder geeigneter, EM-Feldanalysator EHP-50F in Kombination mit der Anzeigeeinheit NBM-550 der Fa. Narda Safety Test Solutions (siehe Abbildung 2-1) verwendet. Dieser ist in der Lage, mithilfe von Sonden drei Signale, z.B. die den drei Raumrichtungen entsprechenden Komponenten, phasenrichtig gleichzeitig zu erfassen und zu verarbeiten. Daraus resultiert die Möglichkeit isotroper Feldmessungen, d. h. der Feldvektor wird unabhängig von der Lage und Orientierung der Sonde immer korrekt erfasst. Die Software solcher Geräte erlaubt darüber hinaus verschiedene Möglichkeiten der Datenspeicherung sowie der Datenaufbereitung.

Elektrisches Feld

Bei der Messung des elektrischen Feldes muss berücksichtigt werden, dass dieses durch elektrisch leitfähige Strukturen unter Umständen stark beeinflusst und verzerrt werden kann. Somit erfordert die Messung des elektrischen Feldes eine wohldurchdachte, in aller Regel aufwändige Herangehensweise. Um störende Einflüsse des Messvorganges auf die Messergebnisse zu vermeiden, ist die Verwendung eines isolierten Stativs und eine Fernablesung obligatorisch.

Da die Spannung elektrischer Leitungsanlagen nur in einem geringen prozentualen Bereich schwankt, ist bei der Messung der elektrischen Feldstärke keine Hochrechnung von der Spannungshöhe zum Zeitpunkt der Messung erforderlich.

Magnetisches Feld

Die Messung der magnetischen Flussdichte ist im Vergleich zur Messung des elektrischen Feldes robust, Feldverzerrungen durch natürliche oder künstliche Objekte können ausgeschlossen werden.

Da die magnetische Flussdichte von der momentanen Stromführung elektrischer Leitungsanlagen bestimmt wird, erfolgt zusätzlich eine Auswertung der Stromführung zum Zeitpunkt der Messung. Die gemessenen Ist-Messwerte der magnetischen Flussdichte werden ausgehend von den Werten der tatsächlichen Stromführung auf einen definierten Strom, wie z.B. den Nennstrom, hochgerechnet, um vergleichbare Ergebnisse zu erhalten.

Abbildung 2-1: EM-Feldanalysator EHP-50F mit Anzeigeeinheit NBM-550 der Fa. Narda STS

2.1.2.2 Berechnung von EMF

Die Berechnung der Felder erfolgt für Freileitungen zweidimensional im Querprofil zur Leitungsachse. Um die Abhängigkeit der Felder vom Bodenabstand der Leiterseile darstellen zu können, werden die Berechnungen für ausgewählte Seilhöhen durchgeführt. Im Bereich der Spannfeldmitte stellt dies mit den niedrigsten Seilhöhen üblicherweise den ungünstigsten Fall dar. Die punktuellen Feldwerte bei Objekten mit sensibler Nutzung, die sich nahe zur vorhabensgegenständlichen Leitung befinden, werden in tabellarischer Form angegeben.

Für die Berechnung werden folgende vereinfachende Annahmen getroffen:

- Entkoppelte Betrachtungsweise des elektrischen und des magnetischen Feldanteils. Für beide Feldanteile stehen getrennte Rechenmodelle zur Verfügung.
- Die Feldsituation kann als translationsinvariant bezüglich der Trassenachse angesehen werden, d. h. sämtliche Größen werden als von der Längskoordinate parallel zur Trassenachse unabhängig angenommen. Eine derartige Symmetrie wird als ebenes Feld bezeichnet. Dem Durchhang der Leiterseile (geringster Bodenabstand normalerweise in Spannfeldmitte) wird durch entsprechende Berücksichtigung unterschiedlicher Bodenabstände Rechnung getragen.
- Gültigkeit des Superpositionsprinzips (unter Annahme linearer Verhältnisse): Feldanteile von einzelnen Leiterseilen herrührend, überlagern sich und dürfen in ihrer Wirkung (vektoriell, also unter Berücksichtigung der jeweiligen Richtung der Feldgröße) zur Gesamtfeldstärke addiert werden.
- Berechnung der Felder im ungestörten freien Raum, Feldverzerrungen durch elektrisch oder magnetisch leitfähige Strukturen werden nicht berücksichtigt

- Die Ströme und Spannungen werden symmetrisch im Sinne eines symmetrischen Drehstromsystems angenommen.
- Gemäß der OVE-Richtlinie R 27 wird ein Oberschwingungsfaktor von 1 für die Hoch- und Höchstspannungsebene herangezogen (entspricht keinen Oberschwingungen).

Elektrisches Feld

Für die Berechnung des elektrischen Feldes wird die ebene Erdoberfläche als Äquipotenzialfläche angenommen. Diese Randbedingung kann durch Annahme von Spiegelungsladungen in einem Ersatzraum befriedigt und die Ersatzladungen berechnet werden. Daraus lässt sich der Vektor der elektrischen Feldstärke in jedem beliebigen Aufpunkt berechnen.

Magnetisches Feld

Für die Berechnung des magnetischen Feldes gemäß der Biot-Savart-Formel wird ebenfalls eine ebene Anordnung zugrunde gelegt. Daraus lässt sich der Vektor der magnetischen Flussdichte in jedem beliebigen Aufpunkt berechnen. Die induzierten Erdseilströme sind im Vergleich zu den Phasenströmen wesentlich kleiner (deutlich unter 10 %), werden aber dennoch bei der Beurteilung berücksichtigt.

2.1.3 Betriebszustände

Beim Betrieb von Leitungen ist im Wesentlichen zwischen dem Normalbetrieb und Störfällen sowie außergewöhnlichen Betriebszuständen zu unterscheiden.

2.1.3.1 Normalbetrieb

Im Normalbetrieb werden alle Betriebsmittel für die Stromübertragung und Anspeisung genutzt. Es liegen keine Abschaltungen oder Ausfälle vor. Aufgrund der typischerweise symmetrischen Belastung kompensieren sich die Feldkomponenten der einzelnen stromführenden Phasen bzw. Systeme.

Die Leitung wird bis zum Nennstrom betrieben, welcher vom Seilaufbau abhängt und im Seildatenblatt[1] angegeben wird.

2.1.3.2 Störfälle und außergewöhnliche Betriebszustände

Störfälle und außergewöhnliche Betriebszustände umfassen jene Betriebszustände, die nicht dem Normalbetrieb entsprechen, wobei die Leitung bzw. einzelne Leitungssysteme nur eingeschränkt oder gar nicht zur Verfügung stehen (z.B. Ausfall eines Leitungssystems, Transformators oder anderen Betriebsmittels, geplante und ungeplante Abschaltungen für Revisionen, netzbetriebliche Erfordernisse). Auch Ausfälle paralleler Leitungen (oder paralleler Leitungssysteme) sind zu berücksichtigen.

[1] Siehe Seildatenblatt des Seilherstellers: zulässiger Dauerstrom

Bei Störfällen und außergewöhnlichen Betriebszuständen kann die Kompensationswirkung, der für den Normalbetrieb optimierten Leitungen, teilweise bzw. zeitweise wegfallen. Störfälle und außergewöhnliche Betriebszustände sind selten und zeitlich begrenzt. Nachfolgend sind Beispiele für Störfällen und außergewöhnlichen Betriebszuständen angeführt:

- zwei Systeme im Betrieb, die anderen Systeme geerdet und kurzgeschlossen
- ein System in Betrieb, die anderen Systeme geerdet und kurzgeschlossen
- einpoliger Erdschlussfall bei 110-kV-Freileitungssystemen

2.1.3.3 Beurteilungsströme- und Spannungen

Für die Beurteilung der EMF werden sowohl der Normalbetrieb als auch die Störfälle und außergewöhnliche Betriebszustände analysiert.

Für die Beurteilung von Objekten mit sensibler Nutzung, die sich nahe zur vorhabensgegenständlichen Leitung befinden, wie z.B. Wohngebäude, wird der Normalbetrieb zugrunde gelegt.

Für die Beurteilung der elektrischen Felder wird die max. Betriebsspannung herangezogen.

Analysiert wird der eingeschwungene stationäre Zustand, transiente Phänomene, wie z.B. Schaltvorgänge etc., werden nicht betrachtet, da diese nur für einen Zeitraum von wenigen Millisekunden andauern und somit nicht relevant sind.

2.1.4 Grenz-, Referenz- und Richtwerte

Nachfolgend sind die für die Beurteilung von EMF relevanten nationalen Grenzwertregelungen sowie deren internationale Grundlage angeführt.

2.1.4.1 International: ICNIRP Richtlinie (2010)

Die International Commission on non-ionizing radiation protection (ICNIRP; englisch für Internationale Kommission für den Schutz vor nichtionisierender Strahlung) ist eine internationale Vereinigung von Wissenschaftlern zur Erforschung der Auswirkung nichtionisierender Strahlung auf die menschliche Gesundheit. Der Verband wird von der Weltgesundheitsorganisation (WHO) und der EU anerkannt.

Die ICNIRP Richtlinie *„Guidelines for Limiting Exposure to Time-Varying Electric and Magnetic Fields (1 Hz - 100 kHz)“*; Anmerkung: „Richtlinie zum Schutz des Menschen vor elektromagnetischen Feldern im Frequenzbereich (1 Hz - 100 kHz)“ von 2010 unterscheidet zwischen sogenannten Basisgrenzwerten für körperinterne Felder und Referenzwerten für externe Felder. Wird nachgewiesen, dass die Basisgrenzwerte nicht überschritten werden, gelten die Referenzwerte als eingehalten. Den Grenzwertempfehlungen der ICNIRP-Richtlinien liegen gesundheitliche Überlegungen zugrunde, wobei bei Einhaltung dieser Werte ausreichend Schutz gegenüber allen bekannten Gesundheitseffekten sowie gegenüber Störwirkungen auf den menschlichen Körper besteht. Es werden folgende Referenzwerte für den Frequenzbereich von 50 Hz für eine unbegrenzte Expositionsdauer angegeben:

- Elektrische Feldstärke: E_{Ref} = 5 kV/m
- Magnetische Flussdichte: B_{Ref} = 200 µT

Die WHO empfiehlt die Anwendung der ICNIRP Grenzwertempfehlung aus dem Jahr 1998 (E_{Ref} = 5 kV/m und B_{Ref} = 100 µT).

Die EU empfiehlt ebenfalls die Anwendung der ICNIRP Grenzwertempfehlung aus dem Jahr 1998 (Ratsempfehlung, 1999/519/EG).

Der Großteil der länderbezogenen verbindlichen und unverbindlichen Grenzwertfestlegungen oder -empfehlungen beziehen sich auf die Richtlinien der ICNIRP. In Österreich sind dies die OVE-Richtlinie R 23-1 und der integrierte österreichische Netzinfrastrukturplan (ÖNIP). Internationales Beispiel ist die deutsche *Verordnung über elektromagnetische Felder* (26. BImSchV) vom 14.08.2013. Diese enthält rechtlich verbindliche Grenzwerte (5 kV/m und 100 µT) basierend auf den Empfehlungen der Strahlenschutzkommission (SSK), der Internationalen Kommission für den Schutz vor nichtionisierender Strahlung (ICNIRP) und dem Rat der Europäischen Gemeinschaft und sind an allen Orten, die zum dauerhaften oder vorübergehenden Aufenthalt von Menschen bestimmt sind, verbindlich. Bei Einhaltung dieser ist keine eigene humanmedizinische Begutachtung erforderlich.

2.1.4.2 Allgemeinbevölkerung: OVE-Richtlinie R 23-1 (2017)

In der *OVE-Richtlinie R 23-1 „Elektrische, magnetische und elektromagnetische Felder im Frequenzbereich von 0 Hz bis 300 GHZ, Teil 1: Begrenzung der Exposition von Personen der Allgemeinbevölkerung“* vom 01.04.2017 werden für die Beschränkung der Exposition Basisgrenzwerte für körperinterne Felder und Referenzwerte für externe Felder auf Grundlage der ICNIRP-Richtlinien (2010) festgelegt. Die Basisgrenzwerte sind jedenfalls einzuhalten. Die Referenzwerte dienen zur erleichterten Bewertung der Exposition. Ihre Einhaltung gewährleistet grundsätzlich die Einhaltung der Basisgrenzwerte. Bei Überschreitung eines Referenzwertes folgt jedoch nicht zwangsläufig, dass die Basisgrenzwerte überschritten werden.

Die festgelegten Referenzwerte betragen für zeitlich veränderliche elektrische und magnetische Felder von 50 Hz folgende Werte:

- Elektrische Feldstärke: E_{Ref} = 5 kV/m
- Magnetische Flussdichte: B_{Ref} = 200 µT

Abweichend von der zugrundeliegenden ICNIRP-Richtlinie, wird zusätzlich ein Gesamtexpositionsquotient (GEQ) für die gemeinsame Beurteilung elektrischer und magnetischer Felder definiert:

$$GEQ = \frac{E}{E_{Ref}} + \frac{B}{B_{Ref}} = \frac{E}{5\ kV/m} + \frac{B}{200\ \mu T} < 1\ (100\%)$$

2.1.4.3 Maßnahmen zur Expositionsreduktion: OVE-Richtlinie R 23-3-1 (2021)

Die *OVE-Richtlinie R 23-3-1 „Magnetische Felder – Maßnahmen an der Feldquelle zur Expositionsreduktion für die Allgemeinbevölkerung bei Errichtung oder wesentlicher Änderung ortsfester Anlagen und Leitungen der Stromversorgung"* vom 01.04.2021 definiert Maßnahmen zur Reduktion von magnetischen Immissionen im Sinne des Vorsorgeprinzips. Die in der OVE-Richtlinie R 23-1 vorgegebenen Grenzwerte sind davon nicht berührt.

Der Anwendungsbereich umfasst Maßnahmen an der Feldquelle zur Reduktion der Exposition gegenüber magnetischen Feldern im Falle der Neuerrichtung oder wesentlichen Änderung von Anlagen und Leitungen in folgenden Aufenthaltsbereichen:

- Wohngebäude und dazugehörige, für Wohnen gewidmete Flächen
- Kinderbetreuungsstätten, Schulen und Universitäten
- Gewidmete Spielplätze
- Arztpraxen, Krankenhäuser und Pflegeheime

Gemäß der Richtlinie sind je nach Exposition im Aufenthaltsbereich und Wirksamkeit einer Maßnahme, diese auf ihre technische Machbarkeit und auf die wirtschaftliche Vertretbarkeit im Einzelfall zu prüfen. Insbesondere ist der Grundsatz der Verhältnismäßigkeit zu bewahren, indem Aufwand und Nutzen möglicher Maßnahmen betrachtet werden müssen. Beispiele für technische Maßnahmen sind die Erhöhung des Abstandes zu Immissionspunkten (z.B. Trassierung, Standortwahl, Masterhöhung) oder die Optimierung der Mastkopfgeometrie und der Phasenfolge.

Das Vorhaben wird gemäß OVE-Richtlinie R 23-3-1 optimiert.

2.1.4.4 Planungsansätze: Integrierter österreichischer Netzinfrastrukturplan - ÖNIP (2024)

Der vom Bundesministerium für Klimaschutz, Umwelt, Energie, Mobilität, Innovation und Technologie (BMK) erstellte *„Integrierte österreichische Netzinfrastrukturplan"* (ÖNIP) ist ein übergeordnetes strategisches Planungsinstrument zum zügigen, zielgerichteten Aus- und Umbau einer verschränkten Energieinfrastruktur und ist vom Übertragungsnetzbetreiber gemäß § 37 Abs 5 ElWOG bei der Erstellung des Netzentwicklungsplans zu berücksichtigen. Für die Planung der Netzentwicklungsmaßnahmen im Übertragungsnetz sind dabei bestimmte Planungsansätze vorgegeben. EMF relevant sind diesbezüglich nachfolgende Punkte:

- Den Empfehlungen des Rates zur Begrenzung der Exposition der Bevölkerung gegenüber elektromagnetischen Feldern (1999/519/EG) folgend, darf das von der Starkstromfreileitung verursachte elektrische Feld 5 kV/m und das magnetische Feld 100 µT nicht überschreiten.
- Starkstromfreileitungen, die in einer neuen Trasse errichtet werden, dürfen weder Gebäude noch Gebäudeteile überspannen, welche zum dauerhaften Aufenthalt von Menschen bestimmt sind. Bei maßgeblichen Änderungen von bestehenden Starkstromfreileitungen sind Trassenoptimierungen, v. a. hinsichtlich Naturgefahren und Siedlungsstruktur, zu prüfen. Im Bereich sensibler Nutzungen wie Wohngebäuden, Schulen, Krankenhäusern, Kindergärten, Spielplätzen oder ähnlichen Einrichtungen sind möglichst Auswinkelungen vorzusehen.

Das Vorhaben berücksichtigt die angeführten Planungsansätze des ÖNIP.

2.1.4.5 Arbeitnehmer:innen: VEMF (2016)

Die *„Verordnung elektromagnetische Felder – VEMF“* vom 07.07.2016, BGBl II 179/2016, dient als nationale Umsetzung der Richtlinie 2013/35/EU des Europäischen Parlaments und des Rates vom 26. Juni 2013 über Mindestvorschriften zum Schutz von Sicherheit und Gesundheit der Arbeitnehmer vor der Gefährdung durch physikalische Einwirkungen (elektromagnetische Felder).

Die VEMF definiert Expositionsgrenzwerte für körperinterne Felder (im Sinne der Basisgrenzwerte der ICNIRP) und Auslösewerte für körperexterne Felder (im Sinne der Referenzwerte). Wird nachgewiesen, dass die Auslösewerte nicht überschritten werden, gelten die Expositionsgrenzwerte als eingehalten.

Für 50-Hz-Wechselfelder gelten die nachfolgend angeführten Auslösewerte, wobei diese den Feldwerten am Arbeitsplatz entsprechen.

Elektrisches Feld

Die Einhaltung des niedrigen Auslösewerts für das elektrische Feld bedeutet eine Begrenzung auf Werte unter den Expositionsgrenzwert sowie eine Begrenzung von Funkentladungen.

Die Einhaltung des hohen Auslösewerts für das elektrische Feld bedeutet eine Begrenzung auf Werte unter den Expositionsgrenzwert. Zu Vermeidung störender Funkentladungen sind unter Beachtung der Grundsätze der Gefahrenverhütung geeignete Maßnahmen zu treffen.

- elektrische Feldstärke, niedriger Auslösewert: 10 kV/m
- elektrische Feldstärke, hoher Auslösewert: 20 kV/m

Magnetisches Feld

Die Auslösewerte für die Exposition gegenüber magnetischen Feldern stellen sich wie folgt dar:

- magnetische Flussdichte, Kopf: 1.000 µT
- magnetische Flussdichte, Rumpf: 6.000 µT
- magnetische Flussdichte, Gliedmaßen: 18.000 µT

Für besonders schützenswerte Arbeitnehmer:innen (z.B. Schwangere, Lehrlinge) sind die Grenzwerte der EU Ratsempfehlung 1999/519/EG (5 kV/m, 100 µT) einzuhalten.

2.1.4.6 Evaluierung Arbeitnehmer:innenschutz: R 27 (2019)

Die *OVE-Richtlinie R 27 „Verfahren zum Nachweis der Einhaltung der Auslösewerte gemäß Verordnung Elektromagnetische Felder im Bereich elektrischer Energieversorgungsanlagen für Frequenzen von 0 bis 100 kHz“* vom 01.07.2019 regelt auf Basis der VEMF die Beurteilung von Expositionssituationen im Bereich von Hochspannungsanlagen. In der OVE-Richtlinie R 27 werden keine Grenzwerte festgelegt, sondern es wird auf die Grenzwerte der VEMF verwiesen. Es wird ein sechsstufiges Zonenkonzept für räumliche Bereiche definiert, welches bei APG vor allem in Umspannwerken zur Anwendung kommt. Jede dieser Zonen stellt die Einhaltung der jeweils relevanten Grenzwertverordnungen für unterschiedliche Personengruppen, wie z.B. Schwangere Arbeitnehmerinnen, Lehrlinge oder nicht unterwiesene Personen, sicher.

2.1.4.7 Übersicht Grenz- und Referenzwerte

In Tabelle 2-1 sind die oben angeführten internationalen und nationalen Grenz- bzw. Referenzwerte zusammengefasst.

Tabelle 2-1: Nationale und internationale Grenz-/Referenzwerte für elektrische und magnetische Felder

GRENZ-/REFERENZWERTE FÜR ELEKTRISCHE UND MAGNETISCHE FELDER Frequenz f = 50 Hz		
Land/Organisation/Jahr	**elektrisches Feld (E)**	**magnetisches Feld (B)**
ICNIRP 1998		
Allgemeinbevölkerung	5 kV/m	100 µT
Berufliche Exposition	10 kV/m	500 µT
WHO (Empfehlung, 1998)		
Allgemeinbevölkerung	5 kV/m	100 µT
EU (Ratsempfehlung, 1999/519/EG)		
Allgemeinbevölkerung	5 kV/m	100 µT
ICNIRP 2010		
Allgemeinbevölkerung	5 kV/m	200 µT
Berufliche Exposition	10 kV/m	1.000 µT
Österreich, OVE Richtlinie R 23-1 (2017)		
Allgemeinbevölkerung[a]	5 kV/m	200 µT
Österreich, ÖNIP (2024)		
Allgemeinbevölkerung[b]	5 kV/m	100 µT
Österreich, VEMF (BGBl II 179/2016)		
berufliche Exposition	10 kV/m (20 kV/m[c])	1.000 / 6.000 / 18.000[d] µT

a…zusätzlich zur Einhaltung der Referenzwerte ist für die gemeinsame Beurteilung von elektrischen und magnetischen Felder ein Gesamtexpositionsquotienten definiert und zu berücksichtigen.

b…zusätzlich ist ein Überspannungsverbot von Gebäuden, welche dem dauerhaften Aufenthalt von Menschen dienen, zu beachten.

c…zulässiger Referenzwert bei Verwendung von geeigneter persönlicher Schutzausrüstung.

d…Werte für Kopf / Rumpf / Gliedmaßen

2.1.5 Untersuchungsrahmen

Der Untersuchungsrahmen umfasst das Gebiet der elektromagnetischen Felder in der Umgebung von Freileitungsanlagen und Umspannwerken. Sämtliche im gegenständlichen Vorhaben geplanten Maßnahmen sind auf Kompatibilität mit den einschlägigen Richtlinien zum Schutz vor möglichen gesundheitlichen Auswirkungen zu beurteilen.

Relevanz voraussichtlicher Umweltauswirkungen in Bezug auf den Fachbereich EMF

In der folgenden Tabelle werden die zu erwartenden Projektwirkungen hinsichtlich ihrer Relevanz und nach Projektphase (Bau, Demontage, Betrieb) eingestuft und die Untersuchungsschwerpunkte für die UVE abgeleitet.

Tabelle 2-2: Relevanzmatrix zur Darstellung voraussichtlicher Umweltauswirkungen (angelehnt an den UVE-Leitfaden 2019)

Projektwirkung	Phase	Relevanz*	Erläuterung
Elektrische Felder	Bau und Demontage	nicht relevant (No Impact)	In der Bau- und Demontagephase treten keine Emissionen durch elektrische Felder auf.
	Betrieb	prioritär	Mögliche Auswirkungen durch elektrische Felder werden mittels Messungen und Berechnungen untersucht.
	Außerbetriebnahme Demontageleitungen	prioritär	Darstellung möglicher Reduktionen elektrische Felder durch die Außerbetriebnahme von Demontageleitungen.
Magnetische Felder	Bau und Demontage	nicht relevant (No Impact)	In der Bau- und Demontagephase treten keine Emissionen durch magnetische Felder auf.
	Betrieb	prioritär	Mögliche Auswirkungen durch magnetische Felder werden mittels Messungen und Berechnungen untersucht.
	Außerbetriebnahme Demontageleitungen	prioritär	Darstellung möglicher Reduktionen magnetischer Felder durch die Außerbetriebnahme von Demontageleitungen.

* Relevanz-Einstufung: prioritär, nicht prioritär, nicht relevant (No Impact)
„prioritäre Betrachtung“: Bereiche, bei denen von voraussichtlichen erheblichen Umweltauswirkungen ausgegangen werden kann. Für diese Bereiche erfolgt eine umfassende Darstellung des Ist-Zustandes des Schutzgutes und der Auswirkungen des Vorhabens.
“nicht prioritäre Betrachtung“: Bereiche, in denen nur vernachlässigbare Auswirkungen zu erwarten sind. Hierzu werden keine umfangreichen Erhebungen notwendig sein.
„No Impact Statement“: Wo nachvollziehbar begründet werden kann, dass mit keiner nachteiligen Umweltauswirkung („nicht relevant“) zu rechnen ist, ist von einer weiteren Auseinandersetzung abzusehen (d.h. keine Darstellung des Ist-Zustandes notwendig).

2.2 Untersuchungsräume

Im Fachbereich Elektromagnetische Felder wird zwischen einem engeren und einem erweiterten Untersuchungsraum unterschieden. Der engere Untersuchungsraum umfasst jenen Bereich des Vorhabens, welcher durch relevante projektbezogene Änderungen elektrischer und magnetischer Felder charakterisiert ist und zu dem die Allgemeinbevölkerung Zugang hat (Wohnen, öffentliche Flächen und Orte mit Nutzungen erhöhten Schutzbedarfs, wie Krankenhäuser, Pflege-, Kur- und Rehaeinrichtungen, Kindergärten, Schulen und Kindertagesstätten). Bei Freileitungen entspricht dies dem Bereich, welcher vom Servitutsstreifen umfasst ist. Der erweiterte Untersuchungsraum erstreckt sich darüber hinaus auf einen Bereich von 100 m links und rechts der Trassenachse der Leitung. In diesem Bereich werden die elektrischen und magnetischen Felder für Orte mit Nutzungen erhöhten Schutzbedarfs untersucht.

3 Übergeordnete Pläne und Programme

Der vom Bundesministerium für Klimaschutz, Umwelt, Energie, Mobilität, Innovation und Technologie (BMK) erstellte *„Integrierte österreichische Netzinfrastrukturplan“* (ÖNIP) ist ein für den Fachbereich EMF relevanter übergeordneter Plan, welcher in Kapitel 2.1.4.4 beschrieben wird.

4 Erhebung des Ist-Zustandes

Der Ist-Zustand wird durch Berechnung und Messung der elektrischen und magnetischen Felder im unmittelbaren Nahbereich der geplanten Leitungstrasse sowie exemplarisch bei Objekten mit sensibler Nutzung, die sich nahe zur vorhabensgegenständlichen Leitung befinden, gemäß der in Kapitel 2.1 beschriebenen Methodik für den Normalbetrieb ermittelt und dargestellt.

5 Auswirkungsanalyse

Die Auswirkungsanalyse erfolgt grundsätzlich getrennt nach Bundesländern. Die zu erwartenden Auswirkungen der elektrischen und magnetischen Felder der geplanten Leitungen werden gemäß der in Kapitel 2.1 beschriebenen Methodik ermittelt und dargestellt. Die Felder im unmittelbaren Nahbereich der Leitungen werden für den Normalbetrieb sowie Störfälle und atypische Betriebszustände betrachtet. Für die Ermittlung der Feldwerte bei Objekten mit sensibler Nutzung, die sich nahe zur vorhabensgegenständlichen Leitung befinden, wird der Normalbetrieb zugrunde gelegt.

Zusätzlich werden für den Normalbetrieb die elektrischen und magnetischen Felder der geplanten Leitungen jenen der bestehenden Leitungen im unmittelbaren Nahbereich gegenübergestellt.

Für die individuelle Ermittlung von Feldimmission bei Objekten oder sonstigen Aufpunkten werden für den Bereich des Untersuchungsraums die Feldimmissionen der bestehenden und der geplanten Freileitungen sowohl grafisch als tabellarisch für den Normalbetrieb angegeben. Aus den entsprechenden horizontalen und vertikalen Abständen zwischen Aufpunkt und Leitung lassen sich somit die jeweiligen Feldwerte ablesen.

5.1 Hochfrequente elektromagnetische Wechselfelder

Bei Freileitungen im Höchstspannungsbereich kann es an den Leiterseilen wegen der dort hohen elektrischen Oberflächenfeldstärken zu Funkenentladungen kommen. Dies kann besonders dann geschehen, wenn die Leiteroberflächen Schmutz- oder Feuchtigkeitsbeläge aufweisen. Die Stärke und Häufigkeit der Funkenentladungen hängen daher stark von den Witterungsbedingungen und der Luftverschmutzung ab. Um Störungen zu vermeiden, wird die geplante Leitung so dimensioniert, dass die bestehenden EMV-Grenzwerte für die elektromagnetische Verträglichkeit nicht überschritten werden.

5.2 Auswirkungen auf elektrische Betriebsmittel

Elektrische Betriebsmittel im Allgemeinen und auch per Satellitennavigation gesteuerte landwirtschaftliche Maschinen und Drohnen sind vom Hersteller aufgrund der Regeln des freien Warenverkehrs in Europa so auszustatten, dass sie auch im unmittelbaren Nahbereich elektrischer Leitungsanlagen störungsfrei funktionieren. Nach § 8 iVm Anhang I der EMVV 2015 (Elektromagnetische Verträglichkeitsverordnung 2015) müssen Betriebsmittel nach dem Stand der Technik so entworfen und gefertigt sein, dass sie gegen die bei bestimmungsgemäßem Betrieb zu erwartenden elektromagnetischen Störungen hinreichend unempfindlich sind, um ohne unzumutbare Beeinträchtigung bestimmungsgemäß arbeiten zu können.

5.3 Kumulationsanalyse

Im Planungsgebiet kann es abschnittweise zu Parallelführungen von Hochspannungsleitungen kommen. Die daraus resultierende Überlagerung (Kumulation) von Emissionen wird bei relevanten Annäherungen getrennt nach elektrischen und nach magnetischen Feldverläufen untersucht und berücksichtigt. Aufgrund der vektoriellen Natur der Felder können sich, räumlich unterschiedlich, sowohl Erhöhungen als auch Verringerungen ergeben.

5.4 Störfallbetrachtung

Vom Normalbetrieb abweichende Störfälle und atypische Betriebszustände der Leitung werden in Kapitel 2.1.3.2 beschrieben. Wie in Kapitel 5 einleitend ausgeführt, werden die Felder im unmittelbaren Nahbereich der geplanten Leitung für Störfälle und atypische Betriebszustände dargestellt. Die Ermittlung der Felder erfolgt mittels Berechnung.

5.5 Exemplarische Darstellung der Ergebnisse

Nachfolgende Grafiken zeigen exemplarisch die Darstellung von Feldprofilen des elektrischen und magnetischen Feldes. Die Darstellung erfolgt für verschiedene Bodenabstände h_S der Leiterseile.

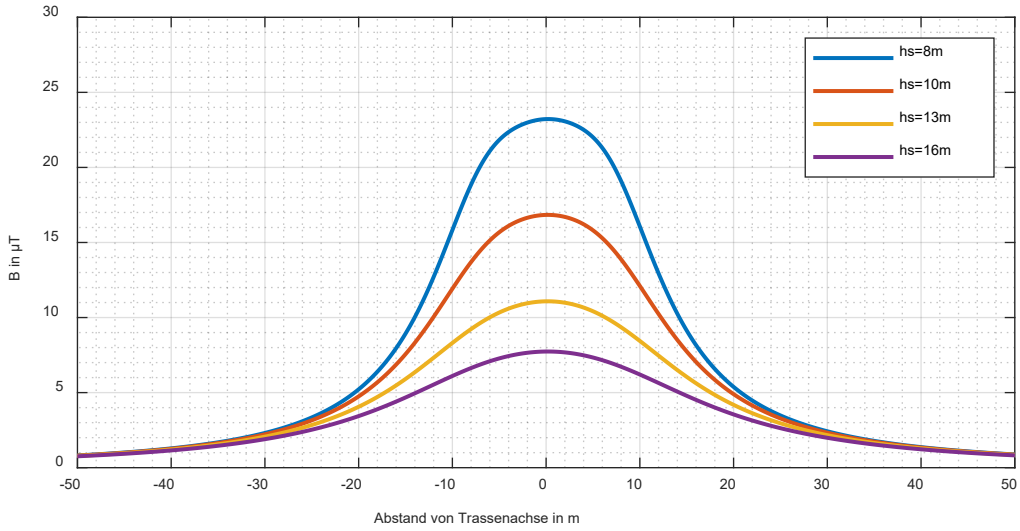

Abbildung 5-1: Exemplarische Darstellung von Feldprofilen des magnetischen Feldes

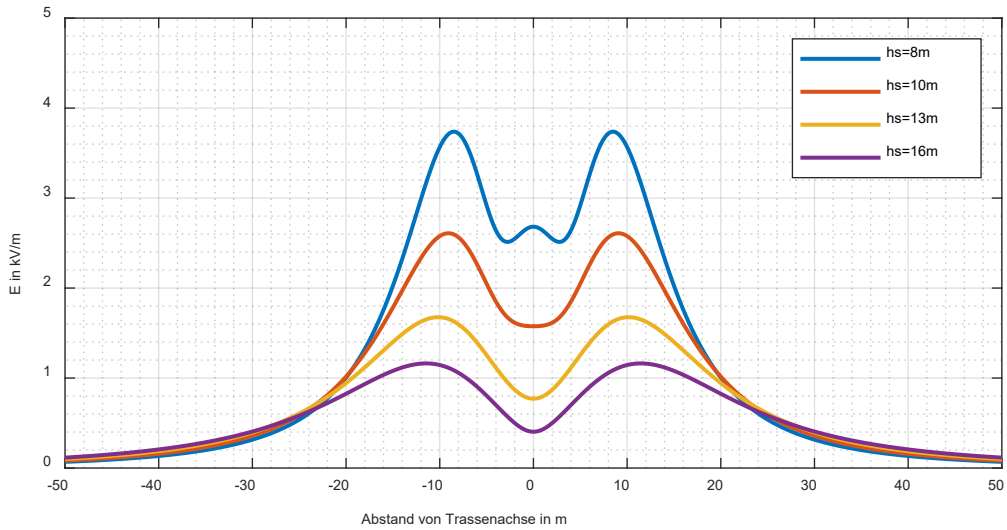

Abbildung 5-2: Exemplarische Darstellung von Feldprofilen des elektrischen Feldes

Die nachfolgend exemplarisch angeführte Tabelle dient der individuellen Ermittlung von Feldimmission an beliebigen Aufpunkten.

Tabelle 5-1: Exemplarische Tabelle für die individuelle Ermittlung von Feldimmission an beliebigen Aufpunkten.

horizontaler Abstand: Aufpunkt-Trassenachse
0 m…Trassenachse der Leitung; negative Werte…Aufpunkt befindet sich links der Trassenachse (in Leitungsrichtung gesehen), positive Werte… Aufpunkt befindet sich rechts der Trassenachse (in Leitungsrichtung gesehen)
vertikaler Abstand: Aufpunkt-unterstes Leiterseil
0 m…Höhe des untersten Leiterseils; positive Werte…Aufpunkt befindet sich unterhalb des Leiterseils, negative Werte…Aufpunkt befindet sich oberhalb des Leiterseils (z.B. Hanglage)

		horizontaler Abstand Aufpunkt - Trassenachse				
		-30 m	-29 m	…	29 m	30 m
vertikaler Abstand Aufpunkt - unterstes Leiterseil	-20 m	XX,X µT | kV/m	XX,X µT | kV/m	…	XX,X µT | kV/m	XX,X µT | kV/m
	-19 m	XX,X µT | kV/m	XX,X µT | kV/m	…	XX,X µT | kV/m	XX,X µT | kV/m
	…	…	…	…	…	…
	19 m	XX,X µT | kV/m	XX,X µT | kV/m	…	XX,X µT | kV/m	XX,X µT | kV/m
	20 m	XX,X µT | kV/m	XX,X µT | kV/m	…	XX,X µT | kV/m	XX,X µT | kV/m

6 Maßnahmen

Basierend auf den Ergebnissen der Auswirkungsanalyse werden Maßnahmen zur Vermeidung und Verminderung negativer Auswirkungen des Vorhabens erörtert, wobei eine Untergliederung der Maßnahmen in Bezug auf elektrische und magnetische Felder erfolgt.

Beispiele für technische Maßnahmen an der Emissionsquelle gemäß der OVE Richtlinie R 23-3-1 sind die Optimierung des Abstandes zu Immissionspunkten (Trassenführung, Standortwahl, Masterhöhung), die Optimierung der Mastkopfgeometrie und die Wahl der Phasenfolge. Diese Maßnahmen werden bereits bei der Projektierung berücksichtigt.

7 Beweissicherung und Kontrolle

Zur Beweissicherung und Kontrolle können vor und nach der Inbetriebnahme der geplanten Anlagen Messungen der Feldimmissionen im unmittelbaren Nahbereich der Leitung und bei Objekten mit sensibler Nutzung, die sich nahe zu der vorhabensgegenständlichen Leitung befinden, vorgesehen werden.

8 Zusammenfassende Beurteilung

Die zusammenfassende Beurteilung der Umweltverträglichkeit des Vorhabens erfolgt auf Basis der nationalen Regelungen zur Begrenzung der elektrischen, magnetischen und elektromagnetischen Felder zum Schutz vor gesundheitlichen Beeinträchtigungen.

Mit Hilfe der Umweltverträglichkeitserklärung des Fachbereichs EMF kann im Fachbereich Humanmedizin aus humanmedizinischer Sicht die Umweltverträglichkeit beurteilt werden.

9 Grundlagen für die Erstellung des Gutachtens

Neben umfangreicher wissenschaftlicher Literatur werden v. a. folgende Grundlagen für die zusammenfassende Beurteilung der Umweltverträglichkeit des Vorhabens verwendet:

- messtechnische Untersuchungen bei den derzeit bestehenden Anlagen, insbesondere bei Objekten mit sensibler Nutzung, die sich nahe zur vorhabensgegenständlichen Leitung befinden

- Berechnungen der magnetischen Flussdichte und der elektrischen Feldstärke

- Internationale Empfehlungen zum Schutz der Bevölkerung vor nichtionisierenden Strahlen z.B. der ICNIRP (2010), des Europäischen Rates (1999/519/EC) und der World Health Organization (WHO). Radiation and Health: Protection Norms. Verfügbar unter: https://www.who.int/teams/environment-climate-change-and-health/radiation-and-health/protection-norms

- OVE Richtlinie R 23-1 (2017): Elektrische, magnetische und elektromagnetische Felder im Frequenzbereich von 0 Hz bis 300 GHz – Teil 1: Beschränkung der Exposition von Personen der Allgemeinbevölkerung

- OVE Richtlinie R 23-3-1 (2021): Magnetische Felder – Maßnahmen an der Feldquelle zur Expositionsreduktion für die Allgemeinbevölkerung bei Errichtung oder wesentlicher Änderung ortsfester Anlagen und Leitungen der Stromversorgung

- Bundesministerium für Klimaschutz, Umwelt, Energie, Mobilität, Innovation und Technologie (BMK) (2024): Integrierter österreichischer Netzinfrastrukturplan, ÖNIP (2024) Verfügbar unter: https://www.bmk.gv.at/themen/energie/energieversorgung/netzinfrastrukturplan.html

- Verordnung über den Schutz der Arbeitnehmer/innen vor der Einwirkung durch elektromagnetische Felder (VEMF), BM f. Arbeit, Soziales und Konsumentenschutz (2016)

10 Verzeichnisse

10.1 Abbildungsverzeichnis

Abbildung 2-1: EM-Feldanalysator EHP-50F mit Anzeigeeinheit NBM-550 der Fa. Narda STS 7
Abbildung 5-1: Exemplarische Darstellung von Feldprofilen des magnetischen Feldes 18
Abbildung 5-2: Exemplarische Darstellung von Feldprofilen des elektrischen Feldes 18

10.2 Tabellenverzeichnis

Tabelle 2-1: Nationale und internationale Grenz-/Referenzwerte für elektrische und magnetische Felder 13
Tabelle 2-2: Relevanzmatrix zur Darstellung voraussichtlicher Umweltauswirkungen (angelehnt an den UVE-Leitfaden 2019) 14
Tabelle 5-1: Exemplarische Tabelle für die individuelle Ermittlung von Feldimmission an beliebigen Aufpunkten. 19