

ULTRANET OFT GESTELLTE FRAGEN

Bedarf

Warum ist die Gleichstromverbindung Ultranet erforderlich?

Bis zum Jahr 2022 werden die heute noch in Deutschland betriebenen Kernkraftwerke abgeschaltet. Dann muss Windenergie, aber auch Strom aus konventionellen Kraftwerken, aus dem Norden in den Süden transportiert werden. Dazu leistet Ultranet einen wichtigen Beitrag. Zugleich schafft die Verbindung auch Übertragungskapazitäten, um Solarstrom aus dem Süden in die Verbrauchszentren Nordrhein-Westfalens (NRW) zu leiten. Je nach Bedarfsfall:

- Zu Zeiten hohen Windaufkommens im Norden dient die Leitung zum Abtransport der Windenergieleistung in südliche Richtung.
- Bei hoher Sonneneinspeisung kann Leistung aus Süddeutschland in Richtung Rhein-Ruhr-Region transportiert werden.
- Zu Zeiten geringer Erzeugung aus erneuerbaren Energien kann je nach marktbedingtem Kraftwerkseinsatz Leistung aus den im Ballungszentrum Rhein-Ruhr vorhandenen Kraftwerken transportiert werden.

Für die Übertragung größerer Strommengen fehlen bislang aber die Kapazitäten. Bereits heute sind die Höchstspannungsverbindungen zwischen Nordrhein-Westfalen und Baden-Württemberg überlastet. Ultranet beseitigt diesen Engpass und schafft die für die Versorgungssicherheit Süddeutschlands nötige Transportkapazität – vorbei am stark belasteten Netz im Rheinland. Mit der geplanten Verlängerung an die Nordsee-Küste (A-Nord) verbindet Ultranet dieses Windenergiezentrum mit den Verbrauchszentren im Westen und Süden Deutschlands. Um die Gleichstromverbindung Ultranet in das bestehende Wechselstromnetz zu integrieren, sind an den Endpunkten der Leitung Konverter notwendig.

Wird in dem Konverter auch Braunkohlestrom umgewandelt?

Durch das bestehende Wechselstromnetz gelangt schon heute Strom aus erneuerbaren Energien zum Netzverknüpfungspunkt Osterath. Zudem wird derzeit das Wechselstromnetz nach Norden ausgebaut. Mit der geplanten Verlängerung der Gleichstromverbindung an die Nordsee-Küste (A-Nord) verbindet Ultranet dieses Windenergiezentrum mit den Verbrauchszentren im Westen und Süden Deutschlands. Durch die Anbindung in Osterath kann entsprechend sowohl Strom aus erneuerbaren Energien aus dem Norden als auch Strom aus konventionellen Kraftwerken aus dem Rheinischen Revier nach Süddeutschland transportiert werden – und damit auch Strom aus Braunkohlekraftwerken. Welche Energie über eine Leitung fließt, hängt von der witterungsbedingten Einspeisung aus erneuerbaren Energien ab und wird darüber hinaus vom Markt entschieden.

Werden die großen Stromtrassen mit wachsender dezentraler Energieeinspeisung (verbrauchsnahe Erzeugung) überflüssig?

Grundlage für den Bundesbedarfsplan und den zugrundeliegenden Netzentwicklungsplan sind so genannte Szenarien, in denen die Übertragungsnetzbetreiber die wahrscheinliche Entwicklung von Stromerzeugung und -verbrauch in Deutschland für die nächsten 15 bis 20 Jahre ermittelt haben. Im Rahmen der Konsultation des Szenariorahmens wurde auch das Argument, eine zunehmend dezentrale

Energieerzeugung könne die geplanten Netzausbaumaßnahmen in Frage stellen, vorgebracht und aufgearbeitet. Die Bundesnetzagentur als federführende Behörde spricht sich gegen dieses Argument aus. Eine ausführliche Dokumentation und Begründung findet sich im Genehmigungsdokument des Szenariorahmens auf der offiziellen Internetseite der Bundesnetzagentur unter www.netzausbau.de. Allgemein ist richtig, dass das zukünftige Stromsystem sehr dezentral organisiert sein wird. Dezentralität darf aber nicht mit Autonomie verwechselt werden. Ein großer Anteil der Stromproduktion aus erneuerbaren Energien findet in relativ dünn besiedelten Regionen statt, wo Wind- bzw. Sonnenkraft am stärksten ist. Dort wird von den dezentralen Erzeugern in der Regel mehr produziert, als vor Ort verbraucht wird. Der produzierte Überschuss wird über die Übertragungsnetze in Verbrauchszentren transportiert. Ein Umbau der Stromerzeugung erfordert deshalb auch einen Umbau der Transportinfrastruktur. Dezentrale Stromproduktion führt deshalb nicht automatisch zum Einsparen von Stromleitungen. De facto entsteht durch zunehmend dezentrale Energieerzeugung mehr Netzausbaubedarf: dezentral ist in den meisten Fällen nicht gleichzusetzen mit verbrauchsnahe. Insbesondere der Strombedarf für Industrie und Gewerbe lässt sich mit einem rein dezentralen Konzept nicht decken. Dies belegt auch eine Studie des Umweltbundesamtes [Vgl. Studie Umweltbundesamt „Modellierung einer vollständig auf erneuerbaren Energien basierenden Stromerzeugung im Jahr 2050 in autarken, dezentralen Strukturen.“ (2013)]

Gibt es 2019 Stromengpässe und Versorgungsausfälle in Baden-Württemberg, wenn sie die Leistung des KKW Philippsburg nicht schon 2019 durch Ultranet ersetzen können?

Die Versorgungssicherheit ist 2019 nicht gefährdet, auch wenn Ultranet später in Betrieb gehen wird. Fakt ist, dass die Anstrengungen, um Systemstabilität im Netz kontinuierlich sicherzustellen, größer werden. Die Eingriffe ins Netz steigen – z.B. der Redispatch-Aufwand und damit die Kosten. Je mehr Kraftwerke im Süden abgeschaltet werden, desto dringender brauchen wir die Leitungen aus dem Norden, die dies kompensieren.

Wie teuer ist die Verbindung und wer finanziert das Vorhaben?

Die gesamte Investitionssumme für das Projekt Ultranet liegt bei etwa 1 Milliarde Euro. Die Investition in das Vorhaben übernimmt zunächst Amprion. Die Kosten werden später in Form der Umlage über die Netzentgelte an die deutschen Stromverbraucher weitergegeben. Die Bundesnetzagentur prüft und genehmigt die Kosten nach den Regelungen des Energiewirtschaftsgesetzes. Die Investitionen in den Netzausbau erfolgen im Interesse aller Stromverbraucher für eine sichere und stabile Stromversorgung aus regenerativen Quellen und dem Stromangebot konventioneller Kraftwerke.

Gesetzliche Grundlagen

Welches Gesetz gibt den Netzausbau bzw. Ultranet vor?

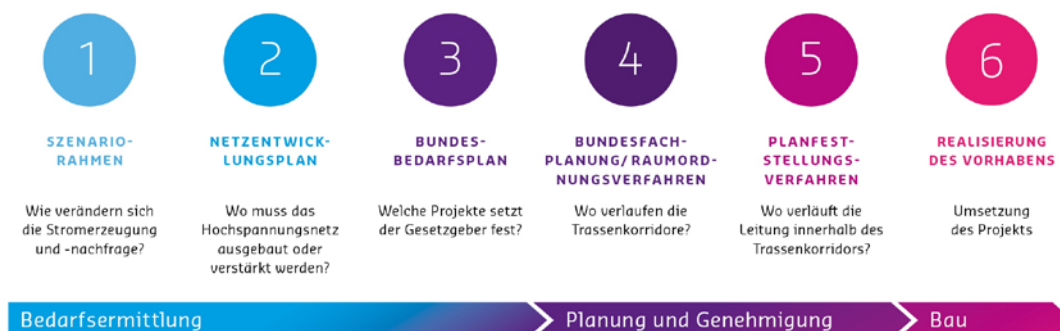
Das Projekt Ultranet ist als Vorhaben 2 im Bundesbedarfsplangesetz (BBPlG) verankert. Darin sind alle Projekte aufgeführt, für die der deutsche Bundestag die energiewirtschaftliche Notwendigkeit und den vordringlichen Bedarf zur Gewährleistung eines sicheren und zuverlässigen Netzbetriebs festgestellt hat. Zur Umsetzung dieser Projekte sind die Übertragungsnetzbetreiber verpflichtet. Der Bundesbedarfsplan basiert auf dem Netzentwicklungsplan, der von den Netzbetreibern entwickelt und unter Beteiligung der Öffentlichkeit von der Bundesnetzagentur geprüft und bestätigt wird.

Wie wird der Netzentwicklungsplan ermittelt?

Gemäß Energiewirtschaftsgesetz (EnWG) müssen die Übertragungsnetzbetreiber (ÜNB) alle zwei Jahre gemeinsam einen Szenariorahmen erstellen, der die wahrscheinliche Entwicklung von Energieerzeugung und -verbrauch in Deutschland sowie dessen Austausch mit anderen Ländern für die kommenden Jahre beschreibt. Nach Konsultation der Öffentlichkeit genehmigt die Bundesnetzagentur (BNetzA) den Szenariorahmen.

Auf seiner Basis erarbeiten die vier deutschen ÜNB alle zwei Jahre den nationalen Netzentwicklungsplan (NEP). Der NEP beschreibt, welche Maßnahmen in den nächsten zehn Jahren beim bedarfsgerechten Aus- und Umbau des deutschen Höchstspannungsstromnetzes an Land erforderlich sind, um einen sicheren und zuverlässigen Netzbetrieb gewährleisten zu können. Diese Maßnahmen dienen maßgeblich der Integration der schnell wachsenden erneuerbaren Energien und sind damit ein elementarer Bestandteil für das Gelingen der Energiewende. Die Bundesnetzagentur (BNetzA) als zuständige Regulierungsbehörde genehmigt den NEP. Die Öffentlichkeit hat von Beginn an mehrfach im Erstellungsprozess Gelegenheit, ihre Argumente einzubringen - ein bisher einmaliges Verfahren bei der Planung von Infrastrukturprojekten in Deutschland.

VON DER PLANUNG ZUM BAU DER LEITUNG



Planungs- und Genehmigungsverfahren

Welche Genehmigungsschritte gibt es?

Die Genehmigung von Ultranet erfolgt in zwei Schritten. In der Bundesfachplanung wird von der Bundesnetzagentur ein 1 Kilometer breiter Trassenkorridor für den Verlauf der Leitung festgelegt. Erst danach wird der konkrete Verlauf innerhalb des Korridors in einem Planfeststellungsverfahren festgelegt.

Warum wird ein aufwändiges Verfahren geführt, wenn die baulichen Veränderungen nur minimal sind?

Im überwiegenden Teil von Ultranet sind die notwendigen Eingriffe gering. Dennoch gibt es Bereiche mit größeren baulichen Maßnahmen, etwa der Ersatzneubau von Ultranet im südlichen Hessen zwischen Bürstadt und Mannheim-Wallstadt und die Errichtung von Konverterstationen an den Endpunkten der Gleichstromverbindung. Da Ultranet als ein Vorhaben geplant und genehmigt wird, müssen alle Abschnitte auch alle Verfahren durchlaufen. Dies ist gesetzlich so vorgeschrieben.

Was ist der wichtigste Unterschied zwischen der Bundesfachplanung und dem Raumordnungsverfahren?

Bei beiden Verfahren untersuchen die zuständigen Behörden die Raumverträglichkeit eines Leitungsvorhabens. Sie prüfen räumliche Alternativen mit dem Ziel, die Variante mit den geringsten Beeinträchtigungen für Mensch und Umwelt zu finden. Dies geschieht sowohl im Raumordnungsverfahren wie auch in der Bundesfachplanung unter Beteiligung der betroffenen Behörden und öffentlichen Stellen (Träger öffentlicher Belange/TöB). Der Unterschied: Im Ergebnis der Bundesfachplanung wird ein ein Kilometer breiter Trassenkorridor ermittelt, der später für das anschließende Planfeststellungsverfahren eine bindende Vorgabe ist. Dieser darf dann mit der späteren Leitungsführung nicht mehr verlassen werden. Dies ist beim Raumordnungsverfahren nicht so.

Welche Trassenvorschläge enthält der Antrag auf Bundesfachplanung? Findet eine Alternativenprüfung statt?

Der Antrag auf Bundesfachplanung (§6 NABEG) von Amprion enthält 11 geprüfte Trassenkorridoralternativen mit einer umfassenden Analyse und Bewertung aller Alternativen. Amprion schlägt einen Vorzugstrassenkorridor vor, der aus Sicht von Amprion die technischen, wirtschaftlichen und genehmigungsrechtlichen Anforderungen am besten erfüllt. Der Antrag auf Bundesfachplanung beinhaltet eine genaue Herleitung des Vorzugstrassenkorridors und die Beschreibung der Maßstäbe zur Prüfung.

Als in Betracht kommende Alternative schlägt Amprion nur eine weitere Alternative (linksrheinisch) vor. Diese hat nach Auffassung von Amprion jedoch erhebliche Nachteile im Vergleich zur rechtsrheinischen Vorzugsvariante. Der rechtsrheinische Vorzugstrassenkorridor kann bis Bürstadt durchgehend vorhandenes Leitungsgestänge nutzen. Im Vergleich dazu gehen bei der linksrheinischen Alternative Parallel- und Neubauabschnitte in die Bewertung ein.

Technische Aspekte

Warum ist die Verbindung in Hochspannungs-Gleichstrom-Übertragungstechnik (HGÜ) geplant?

Für bestimmte Transportaufgaben empfehlen sich heutzutage Gleichstromverbindungen. Besonders vorteilhaft ist zum Beispiel, dass die Verbindung in Gleichstromtechnik steuerbar ist. So lässt sich der Stromfluss gezielt an den tatsächlichen Strombedarf anpassen. Gleichstromverbindungen sind ideal geeignet, große Strommengen verlustarm und zielgerichtet über weite Entfernungen dorthin zu transportieren, wo diese gebraucht werden. Zudem funktioniert die Verbindung wie ein Bypass von Punkt zu Punkt, Osterath nach Philippsburg, vorbei am stark belasteten Wechselstromnetz im Rheinland.

Was bedeutet eigentlich „Hybridleitung“?

Hybrid bedeutet im Fall von Ultranet, dass zwei erprobte Techniken – nämlich Wechselstrom- und Gleichstrom-Übertragung, parallel auf einem Mast hängen. Beide Techniken bieten beim Betrieb des Stromnetzes Vorteile bei bestimmten Situationen. In Zukunft möchte Amprion die beiden Techniken im Stromnetz kombinieren, um das Netz optimal zu steuern und damit besonders stabil zu halten.

Für den Netzausbau wird eine neue Gleichstromleitung zwischen Osterath in Nordrhein-Westfalen und Philippsburg in Baden-Württemberg benötigt – vor allem, um insbesondere nach dem Bau des Schwesterprojekts A-Nord von Emden nach Osterath vermehrt Windstrom von Norden nach Süden zu transportieren. Und wenn der Wind einmal nicht weht, können Kraftwerke in Nordrhein-Westfalen einspringen oder Fotovoltaik-Strom von Süden nach Norden transportiert werden. Bedarf und Notwendigkeit der neuen Gleichstromleitungen wurde im Bundesbedarfsplan bestätigt, der A-Nord als Vorhaben 1 und Ultranet als Vorhaben 2 führt.

Gleichstrom-Verbindungen können bei gleicher Spannung mehr elektrische Leistung transportieren, als eine Wechselstromleitung es könnte. Gleichzeitig eignet sich die Gleichstromtechnik besonders für die Langstrecke – d.h. man kann nicht wie bei einer Wechselstromleitung verschiedene Regionen entlang der Leitung versorgen. Daher kann Ultranet auch nicht die bereits vorhandene Höchstspannungsleitung ersetzen, sondern wir brauchen sowohl die Gleichstrom- als auch die Wechselstromübertragung.

Wenn wir daher beide Techniken wie geplant an einem Mast kombinieren, dann bedeutet das auch, dass wir für Ultranet keine zusätzliche Trasse finden und bauen müssen. Zum großen Teil können wir die bereits bestehende Trasse und sogar die vorhandenen Masten nutzen, die lediglich umgerüstet werden. Diese Lösung ist nicht nur wirtschaftlich von großem Vorteil, sondern auch für Mensch und Natur: So können wir den schon jetzt in dieser Region eng besiedelten Raum schonen.

Wieso ist die Gleichstromverbindung Ultranet ein „Pilotprojekt“?

Der Gesetzgeber hat alle Gleichstromverbindungen, die im Bundesbedarfsplan aufgeführt sind, als Pilotprojekt gekennzeichnet. Das liegt daran, dass die Hochspannungs-Gleichstrom-Übertragungstechnik (HGÜ) innerhalb des bestehenden vermaschten Wechselstromnetzes in Deutschland erstmalig angewendet wird. Weltweit sind HGÜ-Verbindungen bereits in vielen Ländern im Einsatz – in Deutschland bislang für andere Nutzungen wie zum Beispiel die Netzanbindung von Offshore-Windparks. Innovationsprojekte gehen wir bei Amprion mit höchster Sorgfalt an. Es ist unser gesetzlicher Auftrag, den

sicheren und zuverlässigen Betrieb unseres Übertragungsnetzes zu gewährleisten. Die mit dem Stromtransport verbundenen Auswirkungen für Mensch, Natur und Umwelt so gering wie möglich zu halten, hat für uns höchste Priorität. Unserer Verantwortung müssen wir auch dann gerecht werden, wenn wir innovative Techniken in unser Netz integrieren. Deshalb haben wir auch die Möglichkeit einer Hybridleitung intensiv untersucht und 2012 im Feldversuch getestet. Dabei sind wir zu dem Ergebnis gekommen, dass der Betrieb technisch sicher möglich ist.

Bei der geplanten Hybridleitung kombinieren wir bewährte Techniken: Sowohl die Übertragung von Gleichstrom als auch von Wechselstrom ist im Höchstspannungsbereich gut erprobt und untersucht – auch im Hinblick auf elektrische und magnetische Felder.

Warum wird die Gleichstromverbindung Ultranet nicht als Erdkabel umgesetzt?

Viele Kommunen und Bürger fragen im Rahmen unserer Dialogveranstaltungen nach einer unterirdischen Verlegung der geplanten Leitung. Zwar sind mit der Aktualisierung des Bundesbedarfsplangesetzes Ende 2015 neue Regelungen für eine vorrangige Erdverkabelung in Kraft getreten – Ultranet zählt jedoch nicht zu den Gleichstromprojekten, die der Gesetzgeber dafür vorsieht. Das liegt daran, dass wir für Ultranet bestehende Leitungen nutzen können und somit kein Neubau erforderlich ist – weder über- noch unterirdisch. Da ein Gleichstrom- Erdkabel die bestehende Wechselstromleitung nicht ersetzen kann, würde es lediglich parallel zur Freileitung betrieben. Ein zusätzlicher Kabelgraben hätte nicht nur einen erheblichen Flächenbedarf, es entstünden auch neue Eingriffe in Natur und Landschaft. Vor diesem Hintergrund stellt eine Erdverkabelung für Ultranet keine sinnvolle Option dar.

Auswirkungen auf Mensch, Natur und Umwelt

Wie werden die Auswirkungen auf Mensch und Natur im Genehmigungsverfahren berücksichtigt?

Im Rahmen der Bundesfachplanung und der Planfeststellung ermitteln Experten in Umweltgutachten die Auswirkungen auf Menschen, Natur und Umwelt. Die Planung beinhaltet Maßnahmen zur Vermeidung, Verminderung und zur Bewältigung von möglichen Konflikten. Zudem können die Genehmigungsbehörden Nebenbestimmungen festlegen, beispielsweise zur Minimierung von Baulärm oder ergänzende Kompensationsmaßnahmen für Eingriffe in Natur und Landschaft. Auch die Einhaltung der Grenzwerte zum Immissionsschutz weist Amprion im Rahmen der Genehmigungsverfahren nach.

Was sind elektrische und magnetische Felder?

Wo Strom fließt, entstehen elektrische und magnetische Felder: zeitlich gleichbleibende Felder bei Gleichstrom (statische Felder oder auch Gleichfelder genannt) und pulsierende, sich zeitlich regelmäßig ändernde Felder bei Wechselstrom (Wechselfelder).

Die Ursache für ein elektrisches Feld ist Spannung, die zwischen zwei Punkten anliegt. Je höher die Spannung ist, desto größer ist das elektrische Feld.

Elektrische Felder entstehen überall dort, wo Stromleitungen oder elektrische Geräte an das Stromnetz angeschlossen sind. Verbindet man ein elektrisches Gerät mit der Steckdose, entsteht ein elektrisches

Feld – auch dann, wenn das Gerät nicht eingeschaltet ist. Das heißt: Alle Geräte im Haushalt, die über das Netzkabel dauerhaft mit der Steckdose verbunden sind, auch dann, wenn sie nicht genutzt werden (Kaffeemaschine, Mikrowelle, Brotschneidemaschine, Radio, Fernseher, PC etc.), umgibt ein elektrisches Feld. Vergleichbar also mit dem Wasserdruck in einem Gartenschlauch, der angeschlossen, aber nicht aufgedreht ist.

Ganz wichtig: auch die Hausinstallation – Unterputzleitungen, Steckdosen, Lichtschalter, etc. – verursacht Felder. Somit gibt es im Haushalt auch Felder, wenn alle Geräte vom Netz getrennt sind, während die Sicherungen nicht freigeschaltet sind. Gemessen wird die elektrische Feldstärke bei niederfrequenten Feldern meist in Kilovolt pro Meter (kV/m).

Die Ursache für das magnetische Feld ist fließender Strom. Schalten Sie den Fön, das Bügeleisen, Ihren Fernseher, den Computer oder das Licht ein, entsteht zusätzlich zum elektrischen ein magnetisches Feld. Das magnetische Feld umgibt das Gerät und den Leiter, durch den Strom fließt – also z.B. das Kabel des Föns, Bügeleisens, Fernsehers, Computers oder der Lampe. Für das magnetische Feld wird repräsentativ als physikalische Größe die „magnetische Flussdichte“ betrachtet. Diese wird bei niederfrequenten Feldern meist in Mikrottesla (μT) gemessen. Ein Mikrottesla ist ein Millionstel Tesla.

Welche Felder treten bei der Gleichstromtechnik von Ultrahochspannung auf?

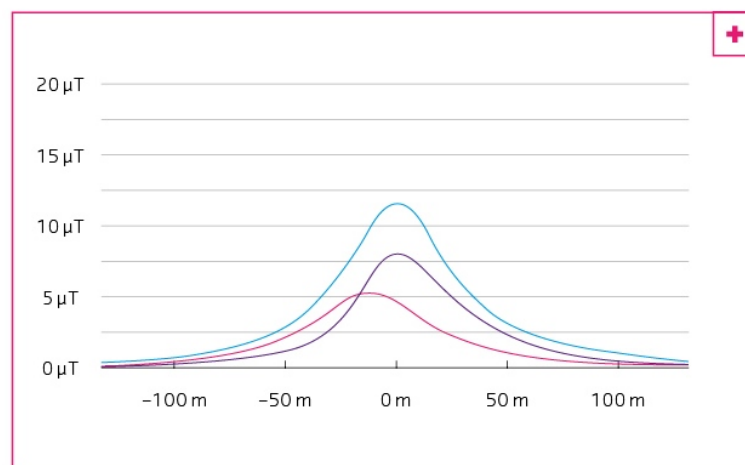
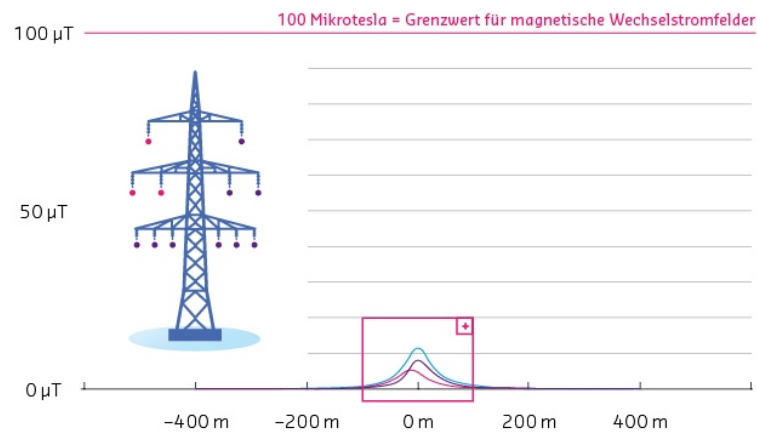
Beim Gleichstrom entstehen sogenannte statische elektrische und magnetische Felder. Das magnetische Gleichfeld von Ultrahochspannung ist schwächer als das natürliche Erdmagnetfeld, das in unseren Breiten bei etwa 50 Mikrottesla liegt.

Die elektrischen und magnetischen Felder des geplanten Gleichstrom-Stromkreises und die elektrischen und magnetischen Felder des bestehenden Wechselstromkreises bzw. der -kreise wirken unterschiedlich und sind daher getrennt voneinander zu betrachten.

Wie stark sind die magnetischen Felder heute im Wechselstrombetrieb und wie stark sind sie im Hybridbetrieb?

Die Stärke der magnetischen Felder kann je nach Leitung und Auslastung unterschiedlich sein. Die magnetischen Felder unterhalb der bestehenden Freileitung im reinen Wechselstrombetrieb liegen gewöhnlich weit unterhalb des Grenzwerts der 26. Bundes-Immissionsschutzverordnung (BImSchV) von 100 Mikrottesla. Auch das magnetische Gleichfeld wird deutlich unterhalb des Grenzwertes von 500 Mikrottesla für Gleichfelder liegen und sich unterhalb der typischen Stärke des Erdmagnetfelds von 50 Mikrottesla bewegen. [7]

BEISPIELRECHNUNG FÜR MAGNETISCHE FELDER



— Planung Anteil Wechselstrom
1 Stromkreis mit 380-kV-Wechselstrom,
2 Stromkreise mit 110-kV-Wechselstrom:
magnetische Flussdichte (max.)
= **8,5 Mikrottesla**

— Planung Anteil Gleichstrom
1 Stromkreis mit 380-kV-Gleichstrom
(Bipol-Betrieb):
magnetische Flussdichte (max.)
= **5,5 Mikrottesla**

— Planung Umschaltoption
2 Stromkreise mit 380-kV-Wechselstrom,
2 Stromkreise 110-kV-Wechselstrom:
magnetische Flussdichte (max.)
= **11,5 Mikrottesla**

Die „Umschaltoption“ sieht den temporären Betrieb eines Gleichstromkreises in Wechselstrom vor, zum Beispiel in Revisionszeiten des Konverters.

Wie hoch sind die Grenzwerte?

Für durch elektrische Anlagen erzeugte elektrische und magnetische Felder legt die aktuelle Fassung der 26. Verordnung zur Durchführung des Bundes-Immissionsschutzgesetzes (26. BImSchV) aus dem Jahr 2013 Grenzwerte fest: Sie betragen 500 Mikrottesla für magnetische Gleichfelder, 100 Mikrottesla für magnetische Wechselfelder und 5 Kilovolt pro Meter für elektrische Wechselfelder mit der Netzfrequenz von 50 Hertz. Da elektrische Gleichfelder keine direkten Wirkungen auf den Körper haben, gibt es für sie keine Grenzwerte. Erhebliche Belästigungen durch Entladungen müssen vermieden werden.

Im Einzelnen:

Gemäß 26. BImSchV sind die Immissionen von Gleichstrom und Wechselstrom getrennt voneinander zu betrachten. Somit ist eine Freileitung, auf der sowohl Wechselstrom als auch Gleichstrom-Stromkreise mitgeführt werden, im Sinne der 26. BImSchV einerseits als eine Niederfrequenzanlage, andererseits als eine Gleichstromanlage zu betrachten. Dies wird im Runderlass der Bund/Länder-Arbeitsgemeinschaft für Immissionsschutz (LAI) in den Durchführungshinweisen zur 26. BImSchV vom September 2014 (LAI, 2014) dadurch begründet, dass es „[...] bisher keinen wissenschaftlichen Anhaltspunkt für ein gemeinsames Wirkmodell von Gleichfeldern und Wechselfeldern gibt.“

Der Einwirkungsbereich für ein Hochspannungs-Gleichstrom-Übertragungssystem als Freileitung ist gemäß LAI als Bereich innerhalb eines Abstandes von 35 m vom äußersten ruhenden Leiter definiert, der einer 380-kV-Wechselstromfreileitung als Bereich innerhalb eines Abstandes von 20 m vom äußersten ruhenden Leiter.

Für **elektrische Gleichfelder** von Gleichstromanlagen sind in der 26. BImSchV keine Grenzwerte definiert. Gleichwohl sind Wirkungen wie Funkenentladungen auch zwischen Personen und leitfähigen Objekten an Orten, die zum dauerhaften oder vorübergehenden Aufenthalt von Menschen bestimmt sind und zu erheblichen Belästigungen oder Schäden führen können, bei höchster betrieblicher Anlagenauslastung zu vermeiden. Hierzu werden beim geplanten Vorhaben je nach Nutzung der Flächen im Einwirkungsbereich Mindestabstände zwischen gleichspannungsführenden Leitern und dem Erdboden von bis zu 15 m anvisiert.

Für **magnetische Gleichfelder** von Gleichstromanlagen sieht die 26. BImSchV für Orte zum dauerhaften und vorübergehenden Aufenthalt von Menschen im Einwirkungsbereich (nach LAI) die Einhaltung eines Grenzwerts von 500 Mikrottesla (μT) vor. Dies entspricht in etwa dem zehnfachen Wert des durchschnittlichen natürlichen magnetischen Gleichfelds der Erde. In Deutschland beträgt es ungefähr 50 μT . Gemäß der LAI-Durchführungshinweise ist das Erdmagnetfeld nicht zu berücksichtigen.

Für **elektrische Wechselfelder** von Wechselstromanlagen wird an maßgeblichen Immissionsorten (nach LAI) im Einwirkungsbereich, gemäß 26. BImSchV die Einhaltung des Grenzwerts von 5 kV/m gefordert.

Für **magnetische Wechselfelder** von Wechselstromanlagen wird an maßgeblichen Immissionsorten im Einwirkungsbereich (nach LAI) gemäß 26. BImSchV die Einhaltung des Grenzwerts von 100 μT gefordert.

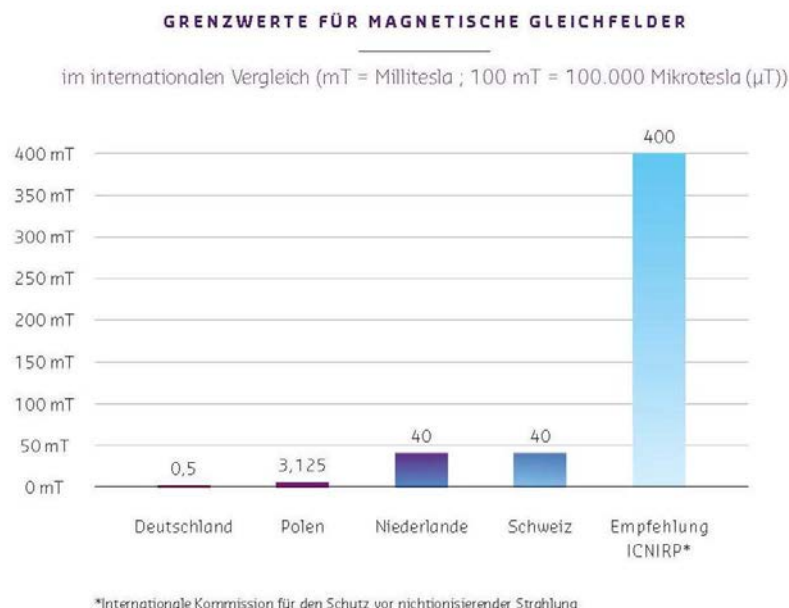
Gelten im benachbarten Ausland andere Grenzwerte?

Der Grenzwert für magnetische Felder bei Wechselstromleitungen ist mit 100 Mikrottesla (μT) in Deutschland, in der Schweiz und in den Niederlanden derselbe. Neben diesem verbindlichen Grenzwert gibt es in der Schweiz und in den Niederlanden zusätzlich Vorsorgewerte. Deutschland empfiehlt keine Vorsorgewerte, sondern hat die Minimierung als Vorsorgemaßnahme verbindlich festgelegt. In der Schweiz gibt es einen „Anlagegrenzwert“. Er gilt pro Anlage, beträgt $1,0 \mu\text{T}$ und soll an sensiblen Orten (Wohnungen, Spielplätze) gelten, an denen sich Menschen dauerhaft aufhalten. In den Niederlanden existiert beim Neubau von Stromleitungen eine Empfehlung für $0,4 \mu\text{T}$ bei Orten, an denen sich Menschen dauerhaft aufhalten. Die Empfehlung bezieht sich auf eine durchschnittliche Auslastung der Leitungen im Jahresmittel. Je nach Auslastung dürfen auch höhere Felder auftreten. Die Empfehlung ist nicht verbindlich und gilt nicht für bestehende Leitungen oder Leitungen, die umgebaut oder saniert werden.

Gelten im Ausland strengere Grenzwerte für Gleichfelder?

Die in der 26. BImSchV verankerten Grenzwerte wurden auf der Grundlage übereinstimmender Empfehlungen der Strahlenschutzkommission SSK, der Internationalen Strahlenschutzvereinigung IRPA und der Internationalen Kommission für den Schutz vor nichtionisierender Strahlung ICNIRP festgelegt. Dieser Empfehlung folgen viele Länder. Darüber hinaus gibt es sehr unterschiedliche Zusatzbestimmungen.

Für Gleichstromleitungen gilt: Elektrische Gleichfelder haben keine direkten Auswirkungen auf den menschlichen Körper. Einen konkreten Grenzwert empfiehlt die ICNIRP daher nur für magnetische Gleichfelder. Wie die folgende Grafik zeigt, hat Deutschland im internationalen Vergleich die strengsten Grenzwerte für magnetische Gleichfelder festgesetzt:



Hat das Bundesimmissionsschutzgesetz in den letzten Jahren die Grenzwerte verschärft?

Die 26. BImSchV wurde zuletzt im Jahr 2013 novelliert. Die Grenzwerte für Wechselfelder wurden überprüft und sind gleich geblieben. Während die Internationale Kommission zum Schutz vor nicht-ionisierender Strahlung (ICNIRP) den empfohlenen Grenzwert für magnetische Gleichfelder im Jahr 2009 auf 400 Millitesla (400.000 Mikrottesla) festgesetzt hat, wurde der Grenzwert in Deutschland mit 500 Mikrottesla deutlich strenger festgelegt. Im Betrieb der Ultranet-Leitung wird dieser Wert mit Abstand unterschritten.

Wie stellt Amprion den Immissionsschutz sicher?

Amprion legt strenge Maßstäbe an die Planung an, um den bestmöglichen Immissionsschutz zu erzielen und die Grenzwerte des Bundes-Immissionsschutzgesetzes zu unterschreiten. Wir treffen Annahmen für den Fall der maximalen Auslastung der Leitung und planen die Leitung entsprechend. Auch direkt unterhalb der Leitung erreichen wir so in der Praxis Feldstärken des elektrischen und magnetischen Feldes, die die Grenzwerte sicher unterschreiten. Mit seitlichem Abstand zur Leitung nehmen die elektrischen und magnetischen Felder rapide ab. Amprion weist die Einhaltung der Grenzwerte im Rahmen der Genehmigungsverfahren nach.

Sind elektrische Gleichfelder gefährlich?

Elektrische Gleichfelder haben keine direkten Auswirkungen auf den menschlichen Körper. Sie dringen nicht in das Innere des Körpers ein. Auch die elektrischen Gleichfelder von Ultranet sind ungefährlich.

Welche Auswirkungen können magnetische Gleichfelder haben?

Laut Weltgesundheitsorganisation gibt es keinerlei Hinweise auf negative Auswirkungen magnetischer Gleichfelder bei Leitungen zur Höchstspannungs-Gleichstrom-Übertragung (HGÜ). Magnetische Gleichfelder sind im Hinblick auf mögliche biologische Wirkungen grundsätzlich als unkritisch anzusehen, weil sie keine Induktion von Strömen im Körper verursachen.

Der Gesetzgeber schreibt vor, Leitungen so zu errichten und betreiben, dass sie die gesetzlichen Grenzwerte an Orten, an denen sich Menschen nicht nur vorübergehend aufhalten (wie zum Beispiel Wohnungen, Arbeitsstätten, Schulen, Krankenhäuser) auch bei höchster Auslastung der Leitungen einhalten. Die Grenzwerte der Bundes-Immissionsschutzverordnung stellen sicher, dass es zu keinen Auswirkungen auf die menschliche Gesundheit kommt.

Die Strahlenschutzkommission kommt zum Schluss, dass auch nach Bewertung der neueren wissenschaftlichen Literatur durch die bei Hochspannungs-Gleichstromübertragungsleitungen anzunehmenden magnetischen Gleichfelder keine direkten gesundheitlich relevanten Auswirkungen auf die Allgemeinbevölkerung zu erwarten sind [1]. Die Stärke des magnetischen Gleichfelds liegt sogar direkt unter der Stromleitung im Bereich der in der Natur auftretenden Werte.

Welche Auswirkungen haben die magnetischen Felder einer Hybridleitung?

Wir richten unsere Technik darauf aus, die Auswirkungen für Mensch und Umwelt so gering wie möglich zu halten. Für Ultranet haben wir daher im Vorhinein die innovative Hybridtechnik in einem Feldversuch getestet – und dabei auch die magnetischen Felder untersucht. Hierbei haben sich keine wesentlichen Unterschiede gegenüber dem Betrieb einer reinen Wechselstromleitung ergeben. Auch im Hybridbetrieb unterschreiten wir die gesetzlichen Grenzwerte zu magnetischen Feldern und stellen so den Schutz der Gesundheit des Menschen sicher.

Das deckt sich mit allen bisherigen wissenschaftlichen Erkenntnissen: Es liegen zahlreiche epidemiologische Studien zu Wechselstrom-Magnetfeldern von Freileitungen vor, die keinen Nachweis gesundheitlicher Gefahren erbracht haben. Die Ergebnisse dieser Studien gelten auch für die Hybridleitung Ultranet: Das Wechselstrom-Magnetfeld der Freileitungen überlagert sich stets mit dem magnetischen Gleichfeld der Erde (Erdmagnetfeld). Das Magnetfeld, das von der Gleichstromleitung Ultranet erzeugt wird, liegt jedoch unter dem des Erdmagnetfeldes. Daher treten auch bei einer Hybridleitung keine neuartigen biologischen Wirkungen (Synergieeffekte) durch die Überlagerung von magnetischen Gleich- und Wechselfeldern auf.

Dies spiegelt sich ebenfalls in der gesetzlich vorgeschriebenen separaten Bewertung bezüglich der Grenzwerte für Gleich- und Wechselfelder in der 26. BImSchV wieder. Hierzu heißt es in den Durchführungshinweisen zur 26. BImSchV [2], dass es „[...] bisher keinen wissenschaftlichen Anhaltspunkt für ein gemeinsames Wirkmodell von Gleichfeldern und Wechselfeldern gibt.“

Welche Humanstudien zu gesundheitlichen Auswirkungen gibt es zu Gleichfeldern und zu Hybridfeldern?

Die Weltgesundheitsorganisation hat im Jahr 2006 einen umfassenden ausführlichen Review zu den biologischen Wirkungen von statischen elektrischen und magnetischen Feldern veröffentlicht [3]. Die Datengrundlage beruht auf knapp 600 wissenschaftlichen Studien, die bis einschließlich 2005 veröffentlicht wurden, darunter viele Humanstudien. Das Dokument ist die Grundlage für die Grenzwertempfehlungen für Gleichfelder der ICNIRP [4], an denen sich ebenfalls der deutsche Gesetzgeber orientiert. Während die Grenzwert-Empfehlung der ICNIRP für statische Magnetfelder bei 400 mT liegt (400.000 Mikrottesla) gilt in Deutschland der weit strengere Grenzwert von 500 Mikrottesla. Zwischen 2006 und 2013 sind ca. 800 neue Studien zur Wirkung von statischen elektrischen und magnetischen Feldern veröffentlicht worden. Eine Auflistung dieser Studien mit weiteren Informationen findet sich im EMF-Portal des Forschungszentrums für Elektro-Magnetische Umweltverträglichkeit (femu) des Universitätsklinikums Aachen unter www.emf-portal.org.

Die Ergebnisse dieser Studien gelten auch für die Hybridleitung Ultranet: Das Wechselstrom-Magnetfeld der Freileitungen überlagert sich stets mit dem magnetischen Gleichfeld der Erde (Erdmagnetfeld). Das Magnetfeld, das von der Gleichstromleitung Ultranet erzeugt wird, liegt jedoch unter dem des Erdmagnetfeldes. Daher treten auch bei einer Hybridleitung keine neuartigen biologischen Wirkungen (Synergieeffekte) durch die Überlagerung von magnetischen Gleich- und Wechselfeldern auf.

Fordert die Strahlenschutzkommission nicht weitere Humanstudien?

Die Strahlenschutzkommission kommt zum Schluss, dass auch nach Bewertung der neueren wissenschaftlichen Literatur durch die bei Hochspannungs-Gleichstromübertragungsleitungen anzunehmenden magnetischen Gleichfelder keine direkten gesundheitlich relevanten Auswirkungen auf die Allgemeinbevölkerung zu erwarten sind [1]. Die Stärke des magnetischen Gleichfelds liegt sogar direkt unter der Stromleitung im Bereich der in der Natur auftretenden Werte.

Die SSK empfiehlt ergänzende Humanstudien zur *Wahrnehmbarkeit* der elektrischen Felder von Gleichstromverbindungen. Dies liegt daran, dass die durch Studien zu diesem Thema geschaffene Datengrundlage eher begrenzt ist. Die Planung für Ultranet basiert auf einer in der Fachwelt als maßgeblich anerkannten Studie [17] zur Wahrnehmung von elektrischen Gleichfeldern. Diese Studie ist ebenfalls Basis der Empfehlungen internationaler Fachgremien zum Design von Gleichstrom-Hochspannungsleitungen [18]. Eine ergänzende sogenannte Perzeptionsstudie zur Absicherung und Erweiterung der Datengrundlage wird derzeit an der RWTH Aachen vorbereitet.

Elektrische Gleichfelder haben keine direkten Auswirkungen auf den menschlichen Körper. Sie erzeugen in erster Linie Ladungsansammlungen auf der Körperoberfläche und dringen nicht in das Innere des Körpers ein. Ab starken Feldstärken kann es zu Entladungen kommen, ähnlich wie nach einer statischen Aufladung z.B. an Kunstfasertextilien. Für die Aufladung der Luft an Gleichstromleitungen existieren keine konkreten Grenzwerte. Stattdessen empfiehlt die Strahlenschutzkommission, dass die durch die Ionenströme möglicherweise auftretenden Entladungen zu keinen unzumutbaren Belästigungen für Menschen führen sollen. Diese Empfehlung ist in die 26. Bundesimmissionsschutzverordnung (26. BImSchV) eingeflossen. Diese gesetzlichen Anforderungen wird Ultranet sicher einhalten.

Das Bundesamt für Strahlenschutz hat eine neue Studienreihe in Auftrag gegeben. Müssen die Ergebnisse vor dem Ausbau des Netzes nicht erst einmal abgewartet werden?

Das Bundesamt für Strahlenschutz (BfS) hat am 11. Juli 2017 das Forschungsprogramm „Strahlenschutz beim Stromnetzausbau“ vorgestellt. Nach dem Auslaufen des vorangegangenen BfS-Forschungsprogramms 2013-2017 kommt das BfS mit dem neuen Programm weiterhin seiner Aufgabe nach, im Sinne der Vorsorge in regelmäßigen Abständen noch offene wissenschaftliche Fragestellungen zu untersuchen. Eine Garantie für die Klärung dieser Fragestellungen gibt es dabei nicht, sehr wohl aber die Verpflichtung des Gesetzgebers immer wieder neue Ansätze auszuprobieren und Versuche zu unternehmen, offene Fragestellungen zu beantworten.

Die aktuelle Situation stellt sich für das BfS, wie auch für die Strahlenschutzkommission (SSK) und das Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz, Bau und Reaktorsicherheit (BMUB) wie folgt dar: Der Schutz der Bevölkerung ist durch die Grenzwerte der zuletzt im Jahr 2013 überprüften und aktualisierten 26. Bundesimmissionsschutzverordnung (26. BImSchV) sicher gewährleistet. Im Falle des magnetischen 50-Hz-Schutzgrenzwertes hat der Gesetzgeber durch Beibehaltung des Wertes von 100 μT die aktuelle Grenzwertempfehlung der ICNIRP (200 μT) bereits halbiert. Neben der summarischen Betrachtung von nieder- und hochfrequenten Feldern (bis 10 MHz) ergänzen die in Deutschland vom Gesetzgeber zusätzlich festgelegten Vorsorgemaßnahmen wie die Verpflichtung zur Minimierung elektrischer und magnetischer Emissionen (festgeschrieben in der Verwaltungsvorschrift (VwV) zur 26.

BlmSchV) die 26. BlmSchV zu einem der umfassendsten Schutz- und Vorsorgekonzepte in Europa. Neben diesen konkreten, technischen Anforderungen ist auch nach dem Verständnis der WHO die Forschung elementarer Bestandteil von Vorsorge.

Aus diesen Gründen kommt das BfS zu der Aussage, dass das Forschungsprogramm den Ausbau des Stromnetzes in keiner Weise behindert. Inhalte und Methoden des Forschungsprogramms des BfS dienen dazu, die Erkenntnisse der vielfältigen bereits vorhandenen Studien nochmals genauer zusammen zu fassen, Ergebnisse zu vertiefen und abzusichern, sowie den vorhandenen Wissensstand besser und transparenter zu kommunizieren.

Der Schwerpunkt dieses Programms liegt, aufgrund der großen Nachfrage zu Themen im Bereich niederfrequenter Felder durch den fortschreitenden Ausbau des Stromnetzes im Zuge der Energiewende, auf der Vermittlung von neutralen Informationen an die Bevölkerung. Es wird seitens der zuständigen Fachbehörden also eher der Bedarf nach Aufklärung über den tatsächlichen wissenschaftlichen Kenntnisstand gesehen, als dass mögliche Gesundheitsgefahren neu zu untersuchen wären.

Dies geht bereits aus dem im Jahr 2013 festgelegten Forschungsprogramm zum Strahlenschutz des BfS hervor. Einleitend steht dort: „Die 1996 in Kraft getretene und 2013 novellierte Verordnung über elektromagnetische Felder (26. BlmSchV) gewährleistet den Schutz der Bevölkerung vor allen nachgewiesenen gesundheitlichen Risiken von nieder- und hochfrequenten Feldern.“ Diese grundsätzliche Aussage findet sich ganz ähnlich auch im neuen Forschungsprogramm wieder. Dort heißt es: „Die Grenzwerte der 26. BlmSchV schützen vor allen nachgewiesenen gesundheitlichen Risiken statischer und niederfrequenter elektrischer und magnetischer Felder, die von Stromleitungen ausgehen. Die von der SSK bewerteten Studien und vom BfS durchzuführenden Studien dienen der Absicherung und der Veranschaulichung dieses wissenschaftlichen Kenntnisstandes für die allgemeine Bevölkerung.“ Etwaige neue Erkenntnisse, die sich im Zuge des Forschungsprogramms ergeben könnten, werden natürlich in nachfolgenden Schritten in der Gesetzgebung berücksichtigt und führen bei Bedarf zu einer Anpassung der 26. BlmSchV. Ein Studienergebnis „weitere Forschung notwendig“ bedeutet dabei ausdrücklich nicht, dass Übertragungstechnologien „nicht sicher sind, sondern zeigt dem BfS lediglich an, dass die Studie einzelne Fragestellungen nicht abschließend beantwortet hat und die Thematik bei zukünftigen Forschungsprogrammen weiter berücksichtigt werden sollte.

Entstehen bei Ultranet geladene Teilchen (Ionen) an den Leiterseilen?

Auf der Oberfläche eines Leiterseils, das mit einer hohen Gleichspannung betrieben wird, entstehen Entladungen zwischen dem Leiterseil und der umgebenden Luft. Diese laden die Luftbestandteile auf, so dass hier geladene Teilchen oder „Ionen“ entstehen. Der positive Pol erzeugt positive Ionen, der negative Pol erzeugt negative Ionen. Diese Ionen bewegen sich entlang des elektrischen Feldes zum neutralen Potenzial oder zum Potenzial der entgegengesetzten Polarität. Aus diesem Grund wird beim Betrieb einer bipolaren Freileitung mit einem Minus- und einem Pluspol wie bei Ultranet ein Großteil der Ionen neutralisiert (positive und negative Ionen werden jeweils am Leiterseil mit entgegengesetzter Polarität neutralisiert). Zusätzlich befindet sich seitlich bzw. unterhalb der Pole ein Neutralleiterseil, das die Ionen, die sich in Richtung Boden (Neutralpotenzial) bewegen, größtenteils auffängt. Durch die gewählte Konfiguration bei Ultranet wird somit der Ionenstrom in Richtung Erdboden reduziert.

Gefährden Korona-Ionen von Hochspannungsleitungen die Gesundheit?

Wenn eine Hochspannungsleitung unter Spannung steht, können elektrische Entladungen in der direkten Nähe der Leiterseile auftreten. Bestandteile der Umgebungsluft können sich dabei elektrisch aufladen. Dies gilt für Wechselstromleitungen genauso wie für Gleichstromleitungen. Das Phänomen ist für Anwohner ungefährlich.

Eine theoretische Studie zu Wechselstromleitungen aus dem Jahr 1999 [8] stellt die Vermutung auf, dass elektrisch geladene Schadstoffe eine Gesundheitsgefahr darstellen könnten, wenn sie vom Wind verbreitet werden. Sowohl die britische Strahlenschutzkommission (NRPB) als auch die Weltgesundheitsorganisation (WHO) stellen dagegen fest, dass es hierdurch zu keiner signifikanten Erhöhung der langfristigen Gesundheitsrisiken kommt [9,10]. Sowohl WHO als auch NRPB kommen in Berichten zu dem Schluss, dass die durch Korona-Ionen verstärkte Anhaftung von Luftschadstoffen, wenn überhaupt, nur einen geringen Effekt – selbst bei den am stärksten exponierten Personen – habe. Die weitere Durchführung von epidemiologischen Studien wird nicht empfohlen. Bereits im Jahr 2005 ergab eine epidemiologische Untersuchung unter Mitwirkung der selben Arbeitsgruppenmitglieder, die 1999 die These über mögliche Gesundheitsgefahren aufgestellt hatte, dass kein Zusammenhang zu einer gesundheitlichen Beeinträchtigung durch Korona-Ionen in der Nähe von Hochspannungsleitungen gefunden werden kann [11]. Auch aktuelle empirische Studien konnten kein erhöhtes gesundheitliches Risiko nachweisen [12].

Die im Bereich von Hochspannungsfreileitungen auftretenden Ionenkonzentrationen sind für Anwohner ungefährlich. Dies gilt auch für Gleichstromleitungen [13, 14]. Eine theoretische Untersuchung führt des Weiteren zu dem Ergebnis, dass sowohl bei Gleich- als auch Wechselspannungsleitungen die Aufladung von Schadstoffen grundsätzlich viel zu gering ist, um überhaupt zu einer verstärkten Anhaftung führen zu können [15].

Gibt es Gefährdungen durch die Aufladung der Luft in der Nähe der Stromleitung („ionisierte Luft“)?

Die Aufladung der Luft entsteht bei HGÜ-Leitungen wie Ultranet durch die elektrischen Felder um die Leiterseile. Ionen in der Luft werden jedoch auch anderweitig erzeugt, ohne dass negative Auswirkungen bekannt sind, beispielsweise in Gasflammen, in brennenden Kerzen, von Raumluftionisatoren und (Ionisierungs-)Föhnen.

Die im Bereich von Hochspannungsfreileitungen auftretenden Ionenkonzentrationen sind für Anwohner ungefährlich. Dies gilt auch für Gleichstromleitungen [12,13].

Eine Belastung der Atemwege ist nicht zu erwarten. Des Weiteren wird die Konzentration geladener Teilchen bei Ultranet durch die Ausführung als bipolares System mit Neutralleiter minimiert.

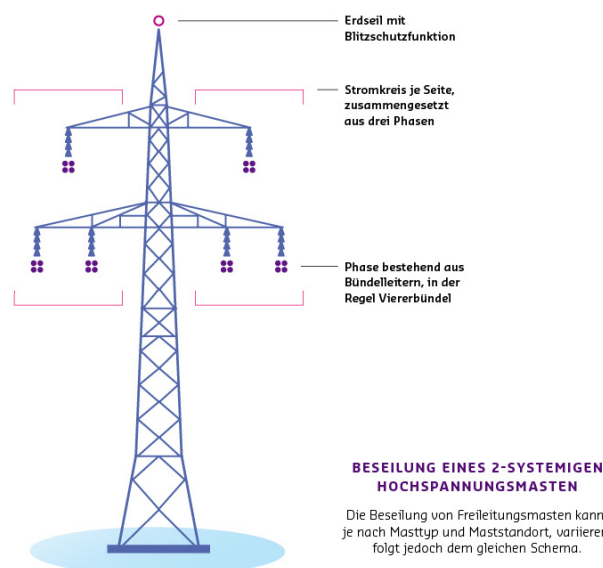
Für die Aufladung der Luft an HGÜ-Leitungen existieren keine konkreten Grenzwerte. Stattdessen empfiehlt die Strahlenschutzkommission, dass die durch die Entladungen zwischen Personen und leitfähigen Objekten möglicherweise auftretenden Entladungen zu keinen unzumutbaren Belästigungen für Menschen führen sollen. Diese Empfehlung ist in die 26. Bundesimmissionsschutzverordnung (26. BImSchV) eingeflossen. Diese gesetzlichen Anforderungen werden bei Ultranet sicher eingehalten.

Was sind Raumladungswolken und sind diese gefährlich?

In der Nähe von Hochspannungsleitungen treten durch Korona-Entladungen an den Leiterseilen geladene Luftbestandteile auf, so genannte Raumladungen. Dies sind in erster Linie geladener Stickstoff und Sauerstoff. Die Konzentration solcher Raumladungen nimmt dabei senkrecht zur Leitungsachse ab. Die Wirkungen von Luftionen auf Mensch und Tier werden seit fast 100 Jahren in zahlreichen wissenschaftlichen Studien untersucht – seit den 1970er Jahren auch im Zusammenhang mit Gleichstrom-Freileitungen. Für die an Gleichstrom-Leitungen auftretenden Luftionen konnten keine schädlichen Effekte nachgewiesen werden – es ist außerdem unklar, ob Luftionen überhaupt eine Wirkung auf den Organismus haben [13, 14].

Wodurch entsteht das Knistern an Leitungen?

Geräusche an Leiterseilen entstehen beim Betrieb von Höchstspannungsleitungen bei Entladungen zwischen der Oberfläche der Leiterseile und der umgebenden Luft. Dabei ist manchmal ein Knistern wahrnehmbar. Die Lautstärke hängt neben den Witterungsbedingungen von der elektrischen Feldstärke auf der Oberfläche der Leiterseile ab. Diese sogenannte Randfeldstärke ergibt sich aus der Höhe der Spannung, der Anzahl und dem Durchmesser der Leiterseile je Phase sowie aus der geometrischen Anordnung und den Abständen der Leiterseile untereinander und zum Boden. Amprion minimiert die Geräusche durch technische Möglichkeiten bestmöglich, zum Beispiel durch den Einsatz von Viererbündeln.



Warum gibt es die Unterschiede bei den Geräuschen von Gleichstrom und Wechselstromleitungen bei Regen bzw. Trockenheit?

Auslöser der Entladungen sind Stellen, an denen die elektrische Feldstärke besonders hoch ist, also Spitzen und Kanten an den Leiterseilen: Bei Wechselstrom sind es die Regentropfen, an denen sich Entladungen bilden. Bei Gleichstrom sind es eher Verschmutzungen, an denen sich Entladungen bilden und damit Knistergeräusche entstehen.

Eine Wechselstromleitung knistert bei Regen, die Gleichstromleitung bei trockenem Wetter. Wird es künftig rund um die Uhr knistern?

Tatsächlich treten die meisten Geräusche durch Entladungen bei einer Gleichstromleitung bei trockenem Wetter, bei Wechselstrom dagegen bei Regen auf. Die Hybridleitung wird sowohl einen Stromkreis mit Gleichstrom als auch Stromkreise mit Wechselstrom führen. Die maximalen Emissionen der geplanten Leitung werden im Hybridbetrieb nicht höher ausfallen als im reinen Wechselstrombetrieb. Der Schallpegel hält die Anforderungen der Technischen Anleitung zum Schutz gegen Lärm (TA-Lärm) ein.

Konverter

Was ist ein Konverter?

Ein Konverter vereint zwei Funktionen: Wie das Netzteil eines Laptops wandelt er Wechsel- in Gleichstrom um. Außerdem kann er Gleich- wieder zurück in Wechselstrom umwandeln und dann ins Übertragungsnetz einspeisen. Der Aufbau einer Konverterstation mit Anlagenportalen, Seil- und Rohrverbindungen sowie Transformatoren ähnelt einer Umspannanlage. Der Ultrahochspannung-Konverter verfügt über zwei Pole – Plus und Minus -, bestehend aus jeweils zwei „Teilpolen“. Somit können Leistungen von zweimal 500 Megawatt für den Pluspol und zweimal 500 Megawatt für den Minuspol parallel geschaltet werden, um die benötigte Gesamtkapazität von zwei Gigawatt zu erhalten.

Wie groß ist der Konverter im Rhein-Kreis-Neuss?

Die gesamte Anlage hat folgende Abmessungen:

- Gesamtfläche: knapp 100.000 Quadratmeter
- Bebaute Fläche: ca. 20.000 Quadratmeter
- Maximale Gebäudehöhe: 18 Meter

Stimmt es, dass es sich bei dem Ultrahochspannung-Konverter um den zweitgrößten der Welt handelt?

Das ist nicht der Fall. Die größten Konverter weltweit stehen in China und Indien und verfügen über eine Leistung von bis zu 8.000 Megawatt bei einer Spannung von 800 Kilovolt. Damit sind sie viermal größer als der für Ultrahochspannung geplante Konverter (2.000 Megawatt). Dieser befindet sich im Mittelfeld bezüglich Leistung und Spannung im europäischen Vergleich.

In Frankreich und Spanien wurde 2015 eine HGÜ-Verbindung (Projektname INELFE) mit 2.000 Megawatt in Betrieb genommen. In diesen Anlagen wird der Wechselstrom (AC) mit einer Spannung von 400 Kilovolt in Gleichstrom (DC) mit einer Spannung von 320 Kilovolt umgewandelt und umgekehrt. In Deutschland werden Konverter derzeit insbesondere für den Anschluss der Offshore-Windparks eingesetzt.

Woraus besteht ein Konverter und wie funktioniert er?

In den 18 Meter hohen Konverterhallen werden die Umrichtermodule (Leistungselektronik) und die Umrichterspulen untergebracht. In kleineren Nebengebäuden befinden sich weitere technische Einrichtungen (z.B. für Steuerung, Kühlung und Eigenbedarfsversorgung). Die Luftkühler, mit denen die Wärme der Leistungselektronik abgeführt wird, stehen im Außenbereich. Die sonstigen Anlagenteile im Außenbereich (Gleich- und Wechselstrom-Schaltanlagen, Transformatoren) sind vergleichbar mit heute üblichen 380-Kilovolt-Schaltanlagen. Auch die Gerüstkonstruktionen haben grundsätzlich die gleichen Abmessungen wie bei üblichen 380-kV-Schaltanlagen.

Die Konverterstation besteht aus vier Funktionsblöcken:

1. Wechselstrom-Anschluss, mit dem der Konverter an das 380-Kilovolt-Höchstspannungsnetz angeschlossen wird. Dies erfolgt über die sogenannte Sticheitung, die vom Konverter zum Netzverknüpfungspunkt führt.
2. Transformatoren, die die Netzspannung (380 Kilovolt) auf die erforderliche Eingangsspannung des Umrichters anpassen.
3. Umrichter, in dem die Umwandlung zwischen Gleich- und Drehstrom stattfindet. Der Umrichter besteht aus Transistoren, Dioden, Kondensatoren und Spulen. Da diese Bauteile empfindlich sind, müssen sie in Hallen untergebracht werden. Weil sie darüber hinaus unter Hochspannung stehen, müssen mehrere Meter Abstand zur Decke, zum Boden und zu den Wänden eingehalten werden. Diese Luftabstände sind insbesondere maßgebend für die Hallenhöhe. Zum Umrichter gehört außerdem eine Kühlanlage. Die Leistungselektronik wird über geschlossene Kühlwasserkreisläufe gekühlt. Die Wärme wird über Luftkühler außen abgeleitet.
4. Gleichstrom-Schaltanlage, in der der Umrichter mit den Gleichstrom-Leitungen in Richtung Süden verbunden ist. Auch der im zweiten Schritt geplante Korridor A Nord wird hier angeschlossen.

Alle Funktionsblöcke werden über eine Steuerungstechnik überwacht und gesteuert.

Warum muss der Konverter im Rhein-Kreis-Neuss errichtet werden?

Für das Projekt Ultramet ist die Umspannanlage Osterath im Bundesbedarfsplangesetz als Netzverknüpfungspunkt vorgegeben (siehe Gesetzliche Grundlagen). Der Konverter muss dabei nicht direkt am Netzverknüpfungspunkt errichtet werden, sondern kann auch zehn Kilometer oder mehr davon entfernt sein. In diesem Fall muss der Konverter jedoch über eine Sticheitung mit dem Netzverknüpfungspunkt verbunden werden. Im aktualisierten Standortgutachten ist eine Länge für die Sticheitung von maximal 5 Kilometer zugrunde gelegt worden, um die Zerschneidungswirkung und Minimierung neuer Betroffenheiten zu minimieren.

In welchen methodischen Schritten ist die Standortsuche im Gutachten abgearbeitet worden?

1. Die Herleitung des Standortbereichs für den nördlichen Konverter des Ultranet umfasst insgesamt vier Arbeitsschritte:
2. Anwendung von Ausschlusskriterien zur Eingrenzung des Suchraums
3. Anwendung von Rückstellungskriterien auf den eingegrenzten Suchraum zur Ermittlung grundsätzlich geeigneter Standortbereiche
4. Vergleichende Betrachtung der grundsätzlich geeigneten Standortbereiche anhand von Abwägungs-(Eignungs)kriterien zur Ermittlung von besonders geeigneten Standortbereichen unter Berücksichtigung von Standortvorschlägen Dritter
5. Vertiefte vergleichende Betrachtung der besonders geeigneten Standortbereiche anhand eines erweiterten Katalogs von Abwägungskriterien und einer verdichteten Datenlage; Ziel des Arbeitsschritts 4 ist es, aus den besonders geeigneten Standortbereichen die vorzugsweise zu beplanenden herauszukristallisieren.

Welche Kriterien wurden für die Standortsuche herangezogen?

Die Kriterien zur Standortsuche sind in folgende Kriteriengruppen aufgeteilt und die Standortbereiche anhand dieser Kriterien bewertet:

1. *Raumbedeutsame Umweltaspekte:* Mensch (Optische Wirksamkeit („Sichtbarkeitsanalyse“) sowie Erholungsfunktion; Tiere, Pflanzen, biologische Vielfalt; Boden; Wasser; Luft/Klima; Landschaft (Vorprägung); Kultur- und Sachgüter (Boden- und Kulturdenkmale)
2. *Sonstige raumbedeutsame Aspekte:* Geplante Siedlungsbereiche im Umfeld des Standortbereichs; Gewerbe- und Industriebereiche auf dem Standortbereich; sonstige Planungen auf dem Standortbereich (Bebauungsplan, Regionalplanung, Planungen der Gemeinden)
3. *Umsetzbarkeit der Planung:* Planungsfreiheit (Flächengröße in ha, Anordnungsmöglichkeit); Anbindung an das Ultranet (Leitungsneubaulänge, Einhaltung des angestrebten Abstands von 400/200m gem. LEP; Anbindung an A-Nord (Leitungslänge), Möglichkeiten der Verkehrserschließung (Bahn, Straße); Realisierbarkeit (Realnutzung, Eigentumsverhältnisse, Parzellierung)

Warum musste das bisherige Standortgutachten überarbeitet werden?

Die bisher aufeinander aufbauenden drei Gutachten aus den Jahren 2014 und 2015 wurden zu einem Gesamtgutachten zusammengeführt. Darüber hinaus berücksichtigt das aktualisierte Gutachten die Anbindung der Gleichstromverbindung A-Nord, Vorhaben Nr. 1, Emden-Osterath, das erst seit letztem Jahr gesetzlich vorrangig als Erdkabel zu realisieren ist.

Leider hat sich das pauschale Kriterium des „größtmöglichen Abstands zur geschlossenen Wohnbebauung“ als rechtlich angreifbar erwiesen. Stattdessen nutzt Amprion in dem aktualisierten Gutachten die neuen Vorgaben des Landesentwicklungsplans mit dem Abstandsgebot von 200/400 Metern. Dies gilt zwar nicht für die Konverterstation, aber für neue Leitungsprojekte. Die für das Gutachten neu erstellte Sichtbarkeitsanalyse rückt den Mensch in den Mittelpunkt der Abwägung. („Optische Wirksamkeit des Konverters“ als Abwägungskriterium)

Welcher Standortbereich ist Ihr Favorit?

Die Aktualisierung des Standortgutachtens bestätigt erneut, dass die Dreiecksfläche in Kaarst am besten für den Bau eines Konverters geeignet ist. Ausschlaggebend dafür sind die dezentrale Lage und vergleichsweise geringe Sichtbarkeit. Damit bleibt die Kaarster Dreiecksfläche unser Favorit.

Sie haben sich für einen Standortbereich entschieden, auf dem sie aber nicht bauen können. Wie hoch ist die Chance, dass Sie eine Zieländerung/Abweichung realisieren können?

Grundsätzlich halten wir es nach wie vor für möglich, eine Umwidmung der Kaarster Dreiecksfläche zu erreichen. Sonst würden wir diese Fläche auch nicht favorisieren. Wir werden weiterhin alle uns zur Verfügung stehenden Mittel ergreifen. Die Fläche befindet sich seit 2015 im Eigentum von Amprion und wir haben 2015 sowie 2016 mit unseren Stellungnahmen die Zieländerung im Rahmen der Neuaufstellung des Regionalplans Düsseldorf beantragt und werden dieses Anliegen mit dem aktualisierten Standortgutachten beim Regionalrat Düsseldorf untermauern.

Wie begründen Sie die Machbarkeit der Herausnahme der Dreiecksfläche aus dem Bereich für die Sicherung und den Abbau oberflächennaher Bodenschätze (BSAB)?

Amprion hat mit seiner zweiten Stellungnahme an die Bezirksregierung Düsseldorf im Oktober 2016 die Zieländerung der sogenannten Dreiecksfläche in Kaarst beantragt und regt mit einem aktualisierten Standortgutachten erneut die Herausnahme der Fläche aus dem Bereich für die Sicherung und den Abbau oberflächennaher Bodenschätze (BSAB) für den Bau eines Konverters an. Unsere Kernargumente lauten:

- 1.) Die Fläche für den Konverter der Stromautobahn Ultratnet sollte - wie die Fläche für die Bundesautobahn (A 57) auch - als Kiesabbaufäche gestrichen werden. Die Herausnahme der Dreiecksfläche in Kaarst ist vergleichbar mit der Herausnahme der Fläche der Bundesautobahn A 57 im Norden von Kaarst. Auch hier wurde eine BSAB-Fläche im Entwurf des Regionalplans gestrichen und einem Infrastrukturprojekt Vorrang eingeräumt. Der Ausbau des Energienetzes, d.h. der Stromautobahnen steht in seiner Bedeutung keineswegs hinter dem Ausbau der Bundesautobahnen zurück, ganz im Gegenteil.
- 2.) Das Gesamtkonzept zur Rohstoffgewinnung bleibt auch bei Wegfall der Dreiecksfläche in Kaarst unbeeinträchtigt. Die Herausnahme der Dreiecksfläche ist aufgrund ihres vergleichsweise geringen Umfangs mit dem Gesamtkonzept zur Rohstoffsicherung und -gewinnung vereinbar. Die Fläche macht nicht einmal 1% der zugrunde gelegten Gesamtfläche des Konzepts aus. Zudem zeigt das Rohstoffmonitoring der Regionalplanungsbehörde, dass der Rohstoffbedarf „mehr als hinreichend“ gesichert ist und die Herausnahme der Kaarster Fläche keine Neuausweisung an anderer Stelle erfordert.
- 3.) Die Kiesindustrie selbst sieht keine Schwierigkeiten mit der angeregten Zieländerung und spricht sich für die Herausnahme der Dreiecksfläche aus. Der Verband der Kiesbranche („vero – Verband der Bau- und Rohstoffindustrie e.V.“) macht sich in Ihrer Stellungnahme für die Umwidmung der Dreiecksfläche Kaarst stark. Die maßgebliche Passage seiner Stellungnahme lautet:

„Auch wenn eine mögliche Umwidmung dieser BSAB-Fläche in eine Sonderbaufläche zur Errichtung einer Konverteranlage nicht im Sinne einer konsequenten Rohstoffsicherung ist, so stimmen wir von unserer Seite dennoch dieser Standortauswahl zu, weil er der mit Abstand geeignetste Standort ist und wir deshalb eine zwingende gesellschaftliche Notwendigkeit in der Wahl genau dieses Standortes sehen. Daher stimmen wir dieser Standortwahl zu und befürworten eine Herausnahme aus der BSAB-Kulisse. Wir werden keine Aktivitäten gegen eine solche Planänderung unternehmen und unsere Mitgliedsunternehmen bitten, diesbezüglich gleichgerichtet zu handeln.“

Was passiert denn, wenn Sie mit der Dreiecksfläche scheitern?

Sollte sich der Bau des Konverters auf der Dreiecksfläche nicht realisieren lassen, wäre der Standortbereich Osterath die Alternative.

Welche baulichen Maßnahmen werden ergriffen, um optische Beeinträchtigungen zu verhindern? Ist eine Tieferlegung des Konverters möglich?

Amprion wird mehrere bauliche Maßnahmen umsetzen, um die Wirkung des Konverters auf das Landschaftsbild möglichst gering zu halten. Möglich ist neben einer an die örtlichen Gegebenheiten (Gelände und bestehende Bauwerke) angepassten Anordnung der Gebäude und der Außenanlagen u.a. die Gestaltung der Außenwände sowie die Erstellung eines auch weiträumigeren Landschaftskonzeptes. Eine teilweise Tieferlegung der Konverterhallen wäre prinzipiell machbar, allerdings nur um wenige Meter, da die örtlichen Gegebenheiten, wie Grundwasserspiegel, Gefahr des Eindringens von Wasser (Starkregen oder Steigen des Grundwassers) und damit des Ausfalls der gesamten Anlage, zu beachten sind.

Welche Ausgleichsmaßnahmen sind im direkten Umfeld des Konverters vorgesehen?

Ausgleichsmaßnahmen, die direkt vor Ort ergriffen werden, sind zum Beispiel Anpflanzungen an der Anlage (Sichtschutz). Deren Art und Umfang erfolgt auf der Grundlage gutachterlicher Einschätzungen und wird in Abstimmung mit den betroffenen Kommunen bestmöglich an die jeweiligen Gegebenheiten angepasst.

Quellen zum Thema Immissionsschutz

- [0] Strahlenschutzkommission: Biologische Effekte der Emissionen von Hochspannungs-Gleichstromübertragungsleitungen (HGÜ) - Empfehlungen der Strahlenschutzkommission mit wissenschaftlicher Begründung (2013)
- [1] World Health Organisation: Environmental Health Criteria 232; Static Fields, WHO Library Cataloguing-in-Publication Data (2006), ISBN 9241572329
- [2] International Commission in non-ionizing radiation protection: ICNIRP Guidelines on Limits of Exposure to static magnetic fields, Health Physics 96(4):504-514 (2009)
- [3] Hinweise zur Durchführung der Verordnung über elektromagnetische Felder (26. Bundes-Immissionsschutzverordnung) in der überarbeiteten Fassung gemäß Beschluss des Länderausschusses für Immissionsschutz (LAI), 128. Sitzung, 17. bis 18. September 2014
- [4] Strahlenschutzkommission: „Vergleichende Bewertung der Evidenz von Krebsrisiken durch elektromagnetische Felder und Strahlungen – Stellungnahme der Strahlenschutzkommission mit wissenschaftlicher Begründung“ (2011)
- [5] Bunch et al.: Residential distance at birth from overhead high-voltage powerlines: childhood cancer risk in Britain 1962–2008, British Journal of Cancer (2014) 110, 1402–1408).
- [6] Draper et al. 2005: “Childhood cancer in relation to distance from high voltage power lines in England and Wales: a case-control study”, British Medical Journal (2005), 330(7503), 1290.
- [7] Sechszwanzigste Verordnung zur Durchführung des Bundes-Immissionsschutzgesetzes (Verordnung über elektromagnetische Felder - 26. BImSchV), vom 14. August 2013 (BGBl. I S. 3266)
- [8] Fews, AP, Henshaw, DL, Wilding, RJ & Keitch, PA 1999, 'Corona ions from powerlines and increased exposure to pollutant aerosols' International Journal of Radiation Biology, vol 75(12), pp. 1505 - 1521.
- [9] WHO: Extremely low frequency fields, Environmental Health Criteria 238 (2007)
- [10] Advisory Group on Non-ionising Radiation: Particle Deposition in the Vicinity of Power Lines and Possible Effects on Health, Documents of the NRPB Volume 15 No. 1 (2004)
- [11] A. Maitra et al.: „Corona ions from high voltage power lines are not associated with adverse effects on lung health, asthma, or atopy in young children: A longitudinal birth cohort study“, THORAX 60:II17-II17 (2005)
- [12] J. Swanson et al: Childhood cancer and exposure to corona ions from power lines: an epidemiological test, Journal of Radiological Protection 34 873 (2014)
- [13] Prof. Dr.-Ing. Karsten Runge (OECOS GmbH, Im Auftrag der Bundesnetzagentur): Umweltauswirkungen unterschiedlicher Netzkomponenten (2012).
- [14] FEMU, RWTH Aachen (Im Auftrag der Bundesnetzagentur): Gesundheitliche Wirkungen elektrischer und magnetischer Felder von Stromleitungen (2013)
- [15] D. Jeffers: „Modelling and Analyses do not support the Hypothesis that charging by Power-Line Corona increases Lung Deposition of airborne Particles“, Radiation Protection Dosimetry (2007), Vol. 123, No. 2, 257–261
- [16] Strahlenschutzkommission: Biologische Effekte der Emissionen von Hochspannungs-Gleichstromübertragungsleitungen (HGÜ) - Empfehlungen der Strahlenschutzkommission mit wissenschaftlicher Begründung (2013)

- [17] J.-P. Blondin, et al.: „Human perception of electric fields and ion currents associated with high-voltage DC transmission lines”, *Bioelectromagnetics* 17, 230–241 (1996)
- [18] CIGRE report 473: „Electric Field and Ion Current Environment of HVDC Overhead Transmission Lines”, ISBN: 978-2-85873-162-6 (2011)

Weitere Literatur

- Crespi CM, Vergara XP, Hooper C, Oksuzyan S, Wu S, Cockburn M, Kheifets L (2016) Childhood leukaemia and distance from power lines in California: a population-based case-control study. *Br J Cancer* doi:10.1038/bjc.2016.142
- Bailey WH, Johnson GB, Bishop J, Member, Hetrick T, Steave Su S (2012) Measurements of Charged Aerosols Near 500-kV DC Transmission Lines and in Other Environments, *IEEE TRANSACTIONS ON POWER DELIVERY*, VOL. 27, NO. 1, JANUARY 2012 371
- Maitra A, Miller L, Wright M, Thomas H, Preece A, Henshaw D, Henderson J (2005) Corona ions from high voltage power lines are not associated with adverse effects on lung health, asthma, or atopy in young children: A longitudinal birth cohort study. *Thorax*, 60:II17-II17.
- Kheifets, L, Ahlbom, A, Crespi, CM, Feychting, M, Johansen, C, Mobroe, J, Murphy, MFG, Oksuzyan, S, Preston-Martin, S, Roman, E, Saito, T, Savitz, D, Schütz, J, Simpson, J, Swanson, J, Tynes, T, Verkasalo, P and Mezel, G (2010) A Pooled Analysis of Extremely Low Frequency Magnetic Fields and Childhood Brain Tumors. *American Journal of Epidemiology*, 172, 752-761.
- Pedersen C, Bräuner EV, Rod NH, Altieri V, Andersen CE, Ulbak K, Hertel O, Johansen Ch, Schüz J, Raaschou-Nielsen O (2014b) Distance to High-Voltage Power Lines and Risk of Childhood Leukemia – an Analysis of Confounding by and Interaction with Other Potential Risk Factors. *Plus One*, 9, 9. <http://dx.doi.org/10.1371/journal.pone.0107096>
- Swanson J, Bunch KJ, Vincent TJ, Murphy MF. (2014) Childhood cancer and exposure to corona ions from power lines: an epidemiological test. *Radiol Prot.* 34(4):873-89. doi: 10.1088/0952-4746/34/4/873.
- Zhou, X. / Cui, X. / Lu, T. / Liu, Y. / Li, X. / He, J. / Bai, R. / Zhen, Y (2013) . Shielding Effect of HVAC Transmission Lines on the Ion-Flow Field of HVDC Transmission Lines. *IEEE TRANSACTIONS ON POWER DELIVERY PWRD*; 28, 2; 1094-1102; I
- SSK (2013) Biologische Effekte der Emissionen von Hochspannungs-Gleichstromübertragungsleitungen (HGÜ)- Empfehlungen der Strahlenschutzkommission mit wissenschaftlicher Begründung. http://www.ssk.de/SharedDocs/Beratungsergebnisse_PDF/2013/HGUE.pdf?__blob=publicationFile
- Ein ausführlicher Bericht im Auftrag des Bundesamts für Strahlenschutz (BfS) zu den rechtlichen Regelungen für elektrische, magnetische und elektromagnetische Felder in anderen Ländern findet sich hier: https://doris.bfs.de/jspui/bitstream/urn:nbn:de:0221-2016021914007/3/BfS_2016_3614S80010_Bd1.pdf