

Projekt Stuttgart 21

- Umgestaltung des Bahnknotens Stuttgart
- Ausbau- und Neubaustrecke Stuttgart - Augsburg
Bereich Stuttgart - Wendlingen mit Flughafenanbindung

Planfeststellungsunterlagen

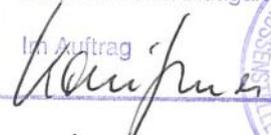
PFA 1.6 a Zuführung Ober-/Untertürkheim

Anlage 22.1

Elektrische und magnetische Felder

Erläuterungsbericht

NUR ZUR INFORMATION

Planfestgestellt gemäß § 18 durch Beschluss	AEG
vom	16. Mai 2007
Az.:	59180 PAP-PS 21-PFA 1.6 a
Eisenbahn-Bundesamt Ast. Karlsruher/Stuttgart	
In Auftrag	
	

Vorhabensträger:

DB Netz AG,
vertreten durch
DBProjekte Süd GmbH
Wolframstraße 20
70191 Stuttgart

Bearbeitung:

UMWELT- UND LANDSCHAFTSPLANUNG
DR. SCHLIEBE, DR. SCHMIDT & DR. BOHMANN GBR
Langgasse 3
86650 Wemding

Az.: U010152

Wemding, Juli 2002

Anlage 22.1: Elektrische und magnetische Felder

Erläuterungsbericht

Inhaltsverzeichnis

	Seite
1 Vorbemerkungen	1
1.1 Ausgangslage	1
1.1.1 Anlass und Planungsstand	1
1.1.2 Vorgaben und Rahmenbedingungen zur Planfeststellung	2
1.2 Aufgabenstellung	2
2 Grundlagen zur Untersuchung niederfrequenter elektrischer und magnetischer Felder	4
2.1 Physikalische Grundlagen und Erläuterungen	4
2.1.1 Elektrische Felder	5
2.1.2 Magnetfelder	6
2.2 Gesetzliche Vorgaben	8
2.3 Berechnungsverfahren	9
2.4 Allgemeine Projektwirkungen	10
2.4.1 Elektrische Felder	10
2.4.2 Magnetfelder	10
3 Elektrische und magnetische Felder im Untersuchungsraum	12
3.1 Untersuchungsraum	12
3.2 Prognose der von den Bahnüberleitungen ausgehenden Feldstärken	12
3.2.1 Elektrische Felder	12
3.2.2 Magnetfelder	13

	Seite
3.3 Prognose der von sonstigen stromführenden Anlagen ausgehenden Feldstärken	15
3.3.1 Elektrische Felder	15
3.3.2 Magnetfelder	16
4 Beeinträchtigungen durch projektbedingte Eingriffe	17
4.1 Baubedingte Beeinträchtigungen	17
4.2 Anlagebedingte Beeinträchtigungen	17
4.3 Betriebsbedingte Beeinträchtigungen	18
5 Möglichkeiten zur Vermeidung und Verminderung projektbedingter Umweltauswirkungen	19
6 Zusammenfassung	20
7 Literatur und verwendete Unterlagen	22
8 Glossar	25
Anhang	A/1
Anhang 1: Elektrische Feldstärke in der Umgebung einer zweigleisigen Wechselstrom-Bahnstrecke mit Oberleitung, 15 kV	A/2
Anhang 2a: Magnetische Induktion in der Umgebung einer eingleisigen Wechselstrom-Tunnelstrecke mit Oberleitung, 15 kV	A/4
Anhang 2b: Magnetische Induktion in der Umgebung von zwei eingleisigen Wechselstrom-Tunnelstrecken mit Oberleitung, 15 kV Graphische Überlagerung der Isolinien	A/6
Anhang 3: Magnetische Induktion in der Umgebung einer oberirdischen viergleisigen Wechselstrom-Bahnstrecke mit Oberleitung, 15 kV	A/8

1 Vorbemerkungen

1.1 Ausgangslage und Vorhaben

1.1.1 Anlass und Planungsstand

Die Deutsche Bahn Netz AG hat zwischen Stuttgart und Augsburg eine Hochgeschwindigkeitsstrecke zu realisieren. Hierzu wird auch der Eisenbahnknoten Stuttgart 21 neu gestaltet.

Die grundsätzlichen Fragen des Projektes Stuttgart 21 wurden im Rahmen einer Machbarkeitsstudie untersucht. Das Ergebnis der Machbarkeitsstudie wurde im Januar 1995 von der DB AG, dem Bundesverkehrsministerium, dem Land Baden-Württemberg und der Stadt Stuttgart vorgestellt.

Aus den Überlegungen und dem Ergebnis der Machbarkeitsstudie heraus wurden Streckenführungen im Stadtbereich von Stuttgart entwickelt und im einem Vorprojekt untersucht. Wesentliches Ziel war dabei, die Streckenführung im Stadtbereich von Stuttgart zu optimieren und wirtschaftliche, betriebstechnische, städtebauliche und ausführungstechnische Vorteile gegenüber der Machbarkeitsstudie herauszuarbeiten. Des weiteren wurde in Abstimmung mit dem Arbeitskreis Wasserwirtschaft ein Aufschluss- und Untersuchungsprogramm (zweites Erkundungsprogramm, 2. EKP) konzipiert, durchgeführt und ausgewertet, um die geologischen und hydrogeologischen Verhältnisse zu erkunden und Aussagen zur möglichen Realisierung des Projektes Stuttgart 21 treffen zu können. Auch wurden im Rahmen des Vorprojektes eine umfangreiche historische Erkundung der Bahnbetriebsflächen durchgeführt sowie Aussagen zu Umweltaspekten und zum Immissionsschutz gemacht. Die Ergebnisse des Vorprojektes wurden im November 1995 mit dem Synergiekonzept Stuttgart 21 vorgestellt.

Das Projekt Stuttgart 21 wird derzeit in 6 Planfeststellungsabschnitte (PFA) eingeteilt. Im Einzelnen sind dies:

- PFA 1.1 Talquerung mit Hauptbahnhof,
- PFA 1.2 Fildertunnel,
- PFA 1.3 Filderbereich mit Flughafenanbindung,
- PFA 1.4 Filderbereich bis Wendlingen,
- PFA 1.5 Zuführung Feuerbach/Bad Cannstatt, S-Bahn-Anbindung,
- PFA 1.6 a Zuführung Ober-/Untertürkheim.

Gegenstand der vorliegenden Unterlagen ist der PFA 1.6 a (Zuführung Ober-/ Untertürkheim). Er umfasst in erster Linie zwei eingleisige Tunnelröhren, beginnt in der Innenstadt von Stuttgart an der Grenze zum PFA 1.2 bei km 1,1+55 bzw. km 0,8+55 und endet innerhalb bestehender Gleisfelder in Ober- bzw. Untertürkheim.

1.1.2 Vorgaben und Rahmenbedingungen zur Planfeststellung

Schienenwege für Eisenbahnen einschließlich der für den Betrieb notwendigen Anlagen und Bahnstromfernleitungen dürfen nur gebaut oder geändert werden, wenn der Plan zuvor festgestellt worden ist (§ 18 Allgemeines Eisenbahngesetz, AEG). Aussagen zum Ablauf des Planfeststellungsverfahrens enthält § 20 AEG.

Das Abwägungsgebot schreibt neben der Beachtung der Interessen der betroffenen Bürger insbesondere die Beachtung folgender Belange vor:

- Betriebs- und Verkehrssicherheit,
- Wirtschaftlichkeit,
- Umwelt, und zwar Auswirkungen des Vorhabens auf
 - > Menschen, Tiere und Pflanzen, Boden, Wasser, Luft, Klima und Landschaft einschließlich der jeweiligen Wechselwirkungen,
 - > Kultur- und sonstige Sachgüter,
- Denkmalpflege
- andere Verkehrsträger.

Die Umweltverträglichkeitsprüfung ist als unselbständiger Teil der Planfeststellung durchzuführen.

1.2 Aufgabenstellung

Für den Bau oder die Änderung von Anlagen der Eisenbahn des Bundes, die einer Planfeststellung nach dem Allgemeinen Eisenbahngesetz bedürfen, ist nach dem Gesetz über die Umweltverträglichkeitsprüfung (UVPG 1990) eine Umweltverträglichkeitsprüfung durchzuführen (§ 3 und Anlage zu § 3). Zur Sicherung einer wirksamen Umweltvorsorge nach einheitlichen Grundsätzen (§ 1) sind bei dem geplanten Vorhaben die Auswirkungen durch niederfrequente elektrische und magnetische Felder auf die Schutzgüter Menschen und sonstige Sachgüter einschließlich möglicher Wechselwirkungen zu ermitteln und zu beschreiben (§ 2), zusammenfassend darzustellen (§ 11) und zu bewerten (§§ 2, 12). Maßnahmen, mit denen erhebliche Beeinträchtigungen vermieden,

vermindert oder soweit möglich ausgeglichen werden, sind darzulegen (§ 6). Ergänzend hierzu regelt das Bundes-Immissionsschutzgesetz (BImSchG 1990) in Verbindung mit der sechsundzwanzigsten Verordnung zur Durchführung des BImSchG (Verordnung über elektromagnetische Felder - 26. BImSchV 1996) den vorbeugenden Schutz des Menschen und sonstiger Sachgüter vor schädlichen Umwelteinwirkungen (§ 1) durch den Bau von Eisenbahnen (§ 2).

Die Ermittlung und Beschreibung der projektbedingt zu erwartenden niederfrequenten elektrischen und magnetischen Felder erfolgt auf der Grundlage von Berechnungen, die vom Forschungs- und Technologiezentrum der Deutschen Bahn AG an ausgesuchten Querschnitten durchgeführt wurden.

Berechnungen zu elektrischen Feldstärken der Fernbahnstrecken in Tunnelbereichen sind nicht erforderlich, da elektrische Felder durch Materialien und Gebäude gut abgeschirmt werden und relevante Auswirkungen auf die Gesundheit von Menschen bzw. auf Sachgüter nicht zu erwarten sind.

Die Bewertung der magnetischen Wechselfelder der Fernbahnstrecken im Hinblick auf den Menschen erfolgt anhand der Grenzwerte der 26. BImSchV. Zum Schutz vor schädlichen Umwelteinwirkungen sind Niederfrequenzanlagen demnach so zu errichten und zu betreiben, dass in ihrem Einwirkungsbereich in Gebäuden oder auf Grundstücken, die nicht nur zum vorübergehenden Aufenthalt von Menschen bestimmt sind, die Grenzwerte nicht überschritten werden.

Die Beeinträchtigung sonstiger Sachgüter wird abgeschätzt. Empfindliche Geräte und Nutzungen zeigen bereits bei magnetischen Feldstärken von rd. 1 μ T Störungen der Funktion. Der Bereich, in dem Beeinträchtigungen empfindlicher Geräte oder Nutzungen nicht ausgeschlossen werden können, wird auf Grundlage der Berechnungen abgegrenzt.

In dem vorliegenden Erläuterungsbericht werden die Auswirkungen des Vorhabens auf den Menschen sowie auf empfindliche Geräte und deren Nutzung erfasst, beschrieben und bewertet. Projektbedingte Beeinträchtigungen werden ermittelt und Möglichkeiten zur Vermeidung und Minderung von Umweltauswirkungen durch elektrische und magnetische Felder aufgezeigt.

Die Ergebnisse des Erläuterungsberichtes bilden die Grundlage für die Betrachtungen des Schutzgutes Menschen und des Schutzgutes sonstige Sachgüter im Rahmen der Umweltverträglichkeitsstudie zur Planfeststellung.

2 Grundlagen zur Untersuchung niederfrequenter elektrischer und magnetischer Felder

2.1 Physikalische Grundlagen und Erläuterungen

Der physikalische Begriff der elektromagnetischen Wellen und Felder wird eingeteilt in einen ionisierenden Anteil mit höherem Energiegehalt und einen nichtionisierenden Anteil mit niedrigerer Energie. Es werden Gleichstrom- und Wechselstromfelder unterschieden. Eine Übersicht über das Spektrum elektromagnetischer Wellen ist in Abbildung 2/1 dargestellt (Erläuterungen von Fachbegriffen in Kap. 8).

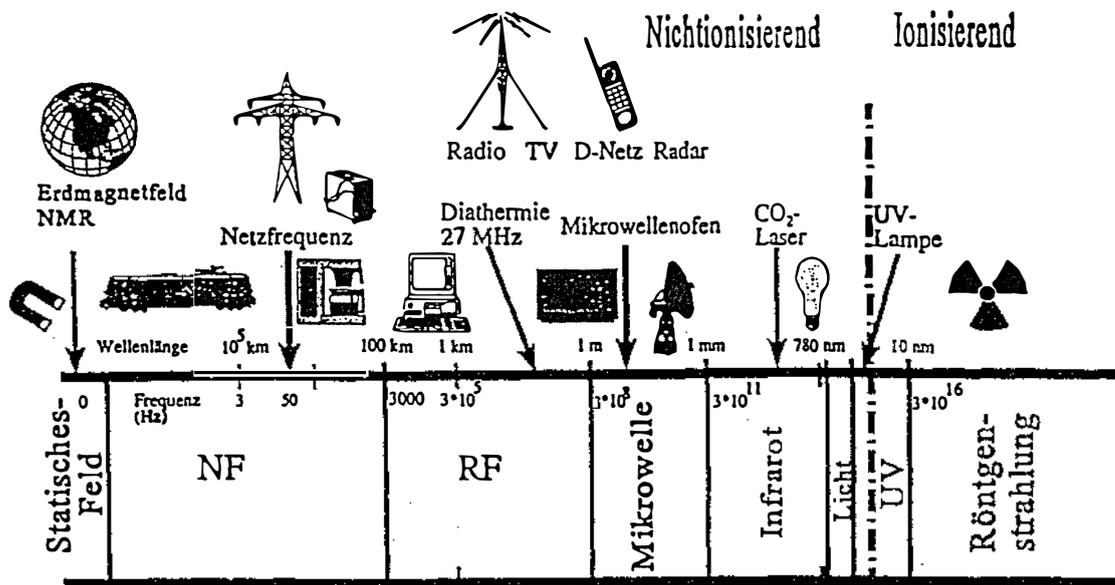


Abb. 2/1: Elektromagnetisches Spektrum (Quelle: BRÜGGEMEYER 1993)

Dieser Abbildung ist zu entnehmen, dass die technischen Wechselfelder der Energieversorgung mit 50 Hertz (Hz) und der Bahn mit 16 2/3 Hz sehr niederfrequent sind. Hierfür haben sich die im amerikanischen Sprachgebrauch ausgeprägten Begriffe "Extremeley low frequency, ELF" oder "Sub ELF" bewährt. Dieser beinhaltet Schwingungen in einem Frequenzbereich von 0 bis 300 Hz (LANDESANSTALT FÜR UMWELTSCHUTZ BADEN WÜRTTEMBERG 1997).

Niederfrequente Felder bedingen große Wellenlängen. Eine Frequenz von $16 \frac{2}{3}$ Hz korrespondiert mit einer Wellenlänge von 18.000 km, eine Frequenz von 50 Hz mit einer Wellenlänge von 6.000 km.

Anders als im Hochfrequenzbereich, wo elektrisches und magnetisches Feld fest aneinander gekoppelt sind, können bei den niederfrequenten Feldern, die von einer Anlage oder einem Gerät ausgehenden elektrischen und magnetischen Felder als voneinander unabhängige Größen, mit jeweils spezifischen Umweltauswirkungen, angesehen werden. Beide Felder sind sozusagen "entkoppelt" (LEITGEB 1990).

Das elektrische Feld wird wirksam, sobald eine Spannung an einer Anlage oder einem Gerät anliegt, auch wenn kein Strom fließt. Das elektrische Feld ist unabhängig von der Stromstärke in dem Leiter.

Durch Bewegungen von elektrischen Ladungen entsteht das Magnetfeld.

2.1.1 Elektrische Felder

Ein elektrisches Feld besteht zwischen zwei Punkten, die gegeneinander eine Spannung aufweisen. Die elektrische Feldstärke E ergibt sich daher im einfachsten Fall aus Spannung pro Abstand und hat die Dimension Volt pro Meter (V/m).

Die elektrischen Felder sind an die Entstehungsquelle gebunden. Sie nehmen mit zunehmender Entfernung von dieser ab. Elektrische Felder können zudem relativ leicht abgeschirmt werden. Biologische Materialien und Stoffe, aber auch inerte Materialien z. B. Mauerwerk und Wände schwächen elektrische Felder sehr stark ab (um etwa 90 %). Dies entspricht dem FARADAYschen Käfig.

Abbildung 2/2 zeigt die elektrische Randfeldstärke am menschlichen Körper. Das elektrische Feld dringt in den menschlichen Körper im wesentlichen in die Hautpartien und die oberen Muskelschichten ein. Es wird durch den elektrisch leitfähigen Körper stark deformiert. Die Form des Körpers verursacht im Kopfbereich eine 10- bis 14-fache Feldstärkenüberhöhung.

Den elektrischen Feldlinien entsprechen im Wechselfeld der Körperumgebung elektrische Verschiebungsströme, die im wesentlichen über die Körperoberfläche als galvanische Ströme zur Erde abfließen.

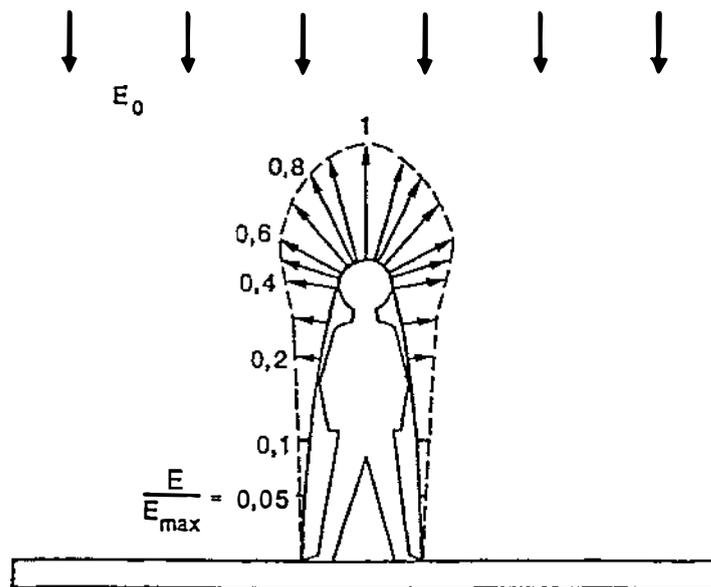


Abb. 2/2: Verteilung der Randfeldstärke E , bezogen auf die Maximalfeldstärke E_{\max} längs der Kontur eines menschenähnlichen Körpers im homogenen Feld E_0 (Quelle: DAVID et al. 1990)

2.1.2 Magnetfelder

Die magnetische Feldstärke H ist um so stärker, je stärker der Strom und je geringer die Entfernung zum fließenden Strom ist. Die magnetische Induktion (magnetische Flussdichte) B ist proportional zur magnetischen Feldstärke. Durch sie werden jedoch auch die magnetischen Eigenschaften der Materie berücksichtigt, in dem das Magnetfeld auftritt. Die magnetische Feldstärke bestimmt zudem die Größe der Wirkung des Magnetfeldes.

Im Gegensatz zum elektrischen Feld durchdringen die niederfrequenten magnetischen Wechselfelder den menschlichen Körper ohne nennenswerte Dämpfung. Die induzierten Wirbelströme hängen bezüglich der Stromdichte in komplexer Weise von den elektrischen Eigenschaften des exponierten Körperbereiches und der Feldbeschaffenheit ab. Da sich die magnetischen Feldgrößen zeitlich periodisch ändern, werden sie meist als zeitlicher quadratischer Mittelwert (Effektivwert) angegeben. In der Regel werden Ersatzfeldgrößen aufgeführt, die aus den Beträgen der drei Raumkomponenten ermittelt wurden, ohne zu berücksichtigen, dass sie zu unterschiedlichen Zeiten ihren Maximalwert erreichen können.

Auswirkungen magnetischer Wechselfelder auf den Menschen

Zahlreiche Wirkungen des magnetischen Wechselfeldes auf einzelne Körpergewebe oder den gesamten Organismus sind durch Untersuchungen an Zellen und Lebewesen belegt. Eine Darstellung zu den Dosis-Wirkungs-Zusammenhängen zeigt Abbildung 2/3 (SILNY 1993).

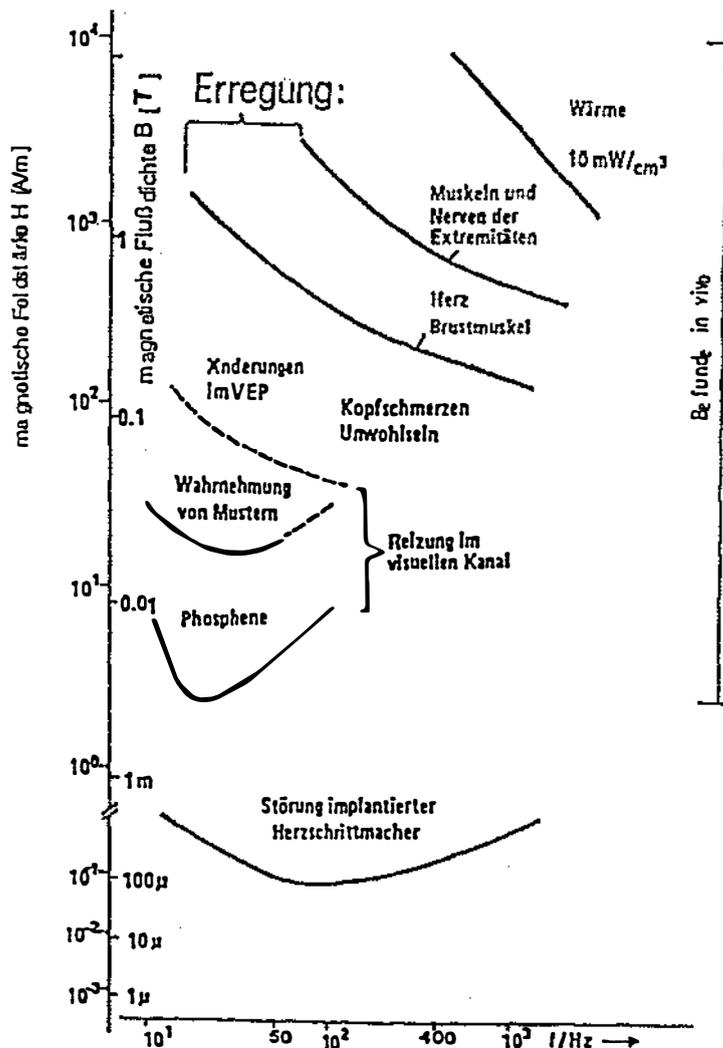


Abb. 2/3: Einflüsse magnetischer Wechselfelder auf den Organismus in Abhängigkeit von der Feldstärke bzw. Flussdichte und von der Frequenz des Magnetfeldes (SILNY 1993). Erklärung: VEP = visuell evoziertes Potenzial.

Bei Zelluntersuchungen wurden Einflüsse schwacher magnetischer Wechselfelder mit Flussdichten im μT -Bereich auf biologische Prozesse festgestellt. Dabei handelt es sich jedoch größtenteils um unüberprüfte Befunde, die teilweise an Pflanzenzellen oder unter nichtphysiologischen Bedingungen gewonnen wurden. Derartige Befunde lassen sich nicht direkt auf den menschlichen Organismus übertragen (SILNY 1993).

Auswirkungen magnetischer Wechselfelder auf Implantate

Definitionsgemäß versteht man unter einem elektrisch aktiven Implantat ein Gerät, "das ganz oder teilweise durch eine medizinische Intervention in den menschlichen Körper oder in Körperhöhlen eingebracht wird, um dort zu verbleiben. Dieses wird durch eine Energiequelle betrieben, die nicht auf Schwerkraft beruht oder auch nicht durch den menschlichen Körper direkt erzeugt wird" (SILNY 1990).

Ein passives Gerät, das beispielsweise Körperfunktionen wie Elektrokardiogramm oder Temperatur beobachtet und nach außen funkt, ist in diesem Sinne genauso ein aktives Implantat wie ein Herzschrittmacher, der aktiv Körperfunktionen steuert.

Die europäische Norm DIN EN 50061/A1 (1996) definiert die Empfindlichkeitsschwelle der Herzschrittmacher höher. Sie bringt damit beachtliche Verbesserungen mit sich und muss seit 1998 von Herstellern von Herzschrittmachern beachtet werden.

Auswirkungen magnetischer Wechselfelder auf empfindliche Geräte

Die durch die fließenden Ströme verursachten magnetischen Flussdichten üben auf andere geladene Teilchen, z.B. Elektronen, eine Kraft aus, so dass diese abgelenkt werden. Fliegt ein Elektron mit einer bestimmten Geschwindigkeit in einer Kathodenstrahlröhre und wirkt senkrecht zur Bewegungsrichtung ein Magnetfeld mit der Flussdichte B , so wird dieses von der Lorentzkraft abgelenkt. Die Ablenkung ist umso größer, je größer die magnetische Flussdichte und je länger die ursprüngliche Flugbahn ist. Betroffen hiervon sind u.a. Fernsehgeräte oder Computermonitore mit Kathodenstrahlröhre, Rasterelektronenmikroskope oder Massenspektrometer.

2.2 Gesetzliche Vorgaben

Zum Schutz vor schädlichen Umweltauswirkungen auf die menschliche Gesundheit wurde für Wechselstromanlagen die 26. Verordnung zur Durchführung des Bundes-Immissionsschutzgesetzes (Verordnung über elektromagnetische Felder - 26. BImSchV 1996) erlassen. Sie trat am 1.1.1997 in Kraft. Diese Verordnung gilt für die Errichtung und den Betrieb von Hoch- und Niederfrequenzanlagen, die gewerblichen Zwecken dienen oder im Rahmen wirtschaftlicher Unternehmungen Verwendung finden und nicht einer Genehmigung nach § 4 des BImSchG bedürfen.

Die 26. BImSchV enthält Anforderungen zum Schutz der Allgemeinheit und der Nachbarschaft vor schädlichen Umweltwirkungen und zur Vorsorge gegen schädliche Umweltwirkungen durch elektromagnetische Felder. Die Verordnung berücksichtigt nicht Wirkungen elektromagnetischer Felder auf elektrische oder elektronisch betriebene Implantate. Niederfrequenzanlagen im Sinne der Verordnung sind u.a. Bahnstromfern- und Bahnstromoberleitungen einschließlich Umspan- und Schaltanlagen mit einer Frequenz von $16 \frac{2}{3}$ Hertz oder 50 Hertz.

Gemäß § 3 der 26. BImSchV sind Niederfrequenzanlagen so zu errichten und zu betreiben, dass in ihrem Einwirkungsbereich in Gebäuden oder auf Grundstücken, die nicht nur zum vorübergehenden Aufenthalt von Menschen bestimmt sind, bei höchster betrieblicher Anlagenauslastung und unter Berücksichtigung von Immissionen durch andere Niederfrequenzanlagen, die in der folgenden Tabelle aufgeführten Grenzwerte der elektrischen Feldstärke und magnetischen Flussdichte nicht erreicht

oder überschritten werden.

Tab. 2/1: Grenzwerte für Niederfrequenzanlagen aus Anhang 2 der 26. BImSchV

Frequenz in Hertz (Hz)	Effektivwert der	
	elektrischen Feldstärke in Kilovolt pro Meter (kV/m)	magnetischen Flussdichte in Mikrottesla (μT)
50-Hz-Felder	5	100
16 2/3-Hz-Felder	10	300

Zum Zwecke der Vorsorge haben entsprechend § 4 dieser Verordnung bei der Errichtung oder wesentlichen Änderung von Niederfrequenzanlagen in der Nähe von Wohnungen, Krankenhäusern, Schulen, Kindergärten, Kinderhorten, Spielplätzen oder ähnlichen Einrichtungen bzw. auf diesen Grundstücken auch die maximalen Effektivwerte der elektrischen Feldstärke und magnetischen Flussdichte den Anforderungen hinsichtlich der Grenzwerte zu entsprechen. Den oben genannten Einrichtungen kommt somit eine besondere Schutzbedürftigkeit zu.

Zur Gewährleistung eines einheitlichen Verwaltungshandelns im Hinblick auf die 26. BImSchV wurden vom Länderausschuss für Immissionsschutz Hinweise zur Durchführung der Verordnung über elektromagnetische Felder formuliert (LAI 1998).

Mit Erlass des Ministeriums für Umwelt und Verkehr vom 28. Dezember 1998 werden die zuständigen Verwaltungsbehörden in Baden-Württemberg gebeten, die Hinweise zur Durchführung der Verordnung über elektromagnetische Felder des LAI zu beachten (MINISTERIUM FÜR UMWELT UND VERKEHR BADEN-WÜRTTEMBERG 1999).

Allgemeingültige Grenzwerte für elektrische und magnetische Wechselstromfelder im Hinblick auf Geräte oder deren Nutzung existieren nicht.

2.3 Berechnungsverfahren

Die projektbedingt zu erwartenden elektrischen Feldstärken und magnetischen Flussdichten wurden vom Forschungs- und Technologiezentrum der DB AG entsprechend § 5 der 26. BImSchV berechnet. Ergebnisse sind Isolinien-Diagramme aus denen sich Näherungen ablesen lassen (vgl. Kap. 3.2).

Zur Berechnung wurde das Programm EMF 1.03 der Firma Siemens AG verwendet. Dieses dient u.a. der Berechnung elektrischer und magnetischer Felder bei Fahrleitungssystemen. Die Berechnung erfolgt in einem vom Benutzer festzulegenden Koordinatensystem unter Berücksichtigung der Anzahl der Gleise, der Stromflussdichten, der Nennspannung und der Anzahl der Hin- und Rückleiter (vgl. Kap. 3 und Anhang 1 bis 3).

2.4 Allgemeine Projektwirkungen

2.4.1 Elektrische Felder

Auswirkungen elektrischer Felder auf den Menschen

Zum Schutz vor schädlichen Umweltauswirkungen durch elektrische Wechselfelder auf die menschliche Gesundheit ist in Bereichen, in denen sich Menschen nicht nur vorübergehend aufhalten der Grenzwert der 26. BImSchV von 10 kV/m einzuhalten. Die Abnahme der elektrischen Feldstärke mit zunehmendem Abstand von der Bahnoberleitung ist in Abbildung 2/4 dargestellt.

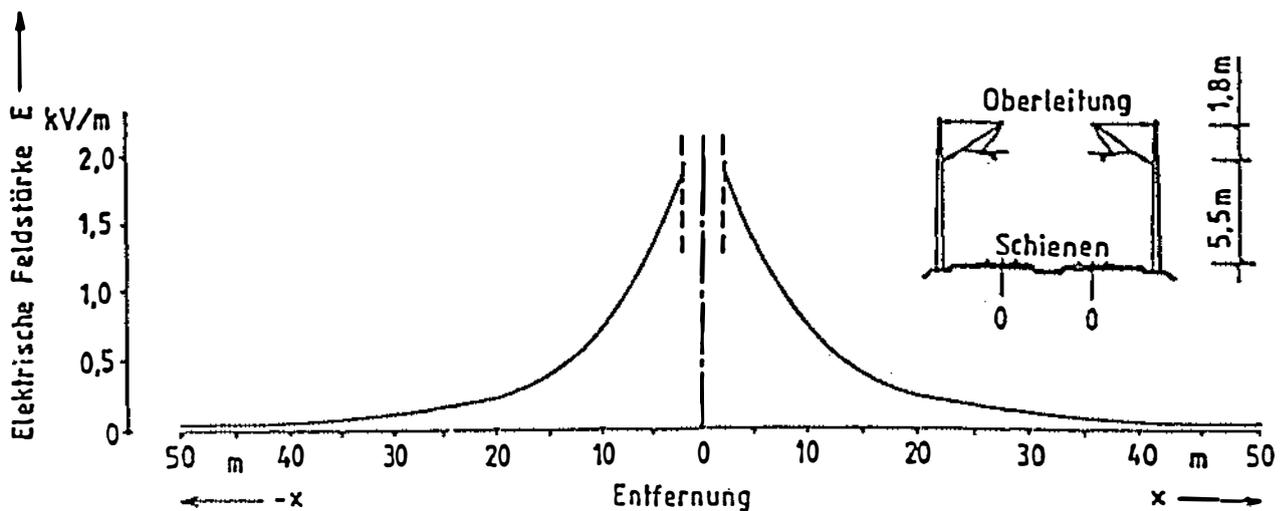


Abb. 2/4: Verlauf der maximalen elektrischen Feldstärke bei höchster Betriebsspannung im Bereich einer Bahnstrecke mit 15-kV-Wechselstrom-Oberleitung (Quelle: DIN VDE E 0228, Teil 6, 1992)

Auswirkungen elektrischer Felder auf empfindliche Geräte

Die Feldstärke der elektrischen Wechselfelder nimmt mit zunehmendem Abstand zur Bahnoberleitung stark ab (vgl. Abb. 2/4) und wird durch Gebäude oder die Tunnelarmierung stark abgeschirmt. Die elektrischen Felder spielen hinsichtlich der Beeinflussung von Geräten oder deren Nutzung keine erhebliche Rolle.

2.4.2 Magnetfelder

Die Wechselstrombahnen der Fernbahn mit der Bahnfrequenz von 16 2/3 Hz erhalten den Strom über die Bahnoberleitung zugeleitet. Dieser fließt über die Fahrschienen zum speisenden Unterwerk zurück. Durch den hin- und zurückfließenden Strom entsteht ein Magnetfeld,

das im wesentlichen quer zur Trasse gerichtet ist.

Das auftretende Magnetfeld hängt u.a. ab von dem fließenden Betriebsstrom und der Fahrleitungshöhe. Wenn hin- und zurückfließender Strom gleich groß sind, kompensiert sich das verursachte Magnetfeld in einer größeren Entfernung von der Bahntrasse. In der Praxis können jedoch größere Differenzen zwischen dem in der Fahrleitung und dem in den Fahrschienen fließenden Strom auftreten.

Auswirkungen magnetischer Wechselfelder auf den Menschen

Zum Schutz vor schädlichen Umweltauswirkungen durch magnetische Wechselfelder auf die menschliche Gesundheit ist in Bereichen, in denen sich Menschen nicht nur vorübergehend aufhalten, der Grenzwert der 26. BImSchV von 300 μT einzuhalten (vgl. Kap. 2.2).

Auswirkungen magnetischer Wechselfelder auf empfindliche Geräte

Fernbahnen der Deutschen Bahn AG verursachen magnetische Wechselfelder, die zu Störungen von Geräten, die auf diese Felder empfindlich reagieren, führen können.

Bei magnetischen Wechselfeldern der Frequenz 16 2/3 Hz stehen Beeinflussungen von Monitoren mit Kathodenstrahlröhren im Vordergrund. Die Beeinflussung führt zu einem vom Rand her beginnenden Bildschirmflimmern im Rhythmus der Störfrequenz. Da der Kathodenstrahl am Bildrand seine größte Ablenkung erfährt, ist dort die Beeinflussung am deutlichsten zu erkennen. Je größer der Bildschirm ist, desto auffälliger treten am Rand etwaige Beeinflussungen durch magnetische Störfelder zutage. Bei 17" Monitoren treten Beeinflussungen ab rd. 1 μT auf.

Dies entspricht auch den Angaben im Entwurf DIN VDE 0228 Teil 6, in dem als Wert für die Wahrnehmbarkeit der Beeinflussung bei einem rotierenden Magnetfeld etwa 0,5 μT angegeben wird, da z. B. bei Textverarbeitung dieser Wert verdoppelt werden kann. Wissenschaftliche Geräte wie Rasterelektronenmikroskope oder Massenspektrometer können bereits durch geringere magnetische Felder beeinflusst werden. Mögliche Störwirkungen sind abhängig von der Störempfindlichkeit dieser Geräte.

3 Elektrische und magnetische Felder im Untersuchungsraum

3.1 Untersuchungsraum

Der Untersuchungsraum des PFA 1.6 a beginnt als Tunnelstrecke in der Innenstadt von Stuttgart im Stadtbezirk Stuttgart-Mitte im Anschluss an den PFA 1.2 bei km 1.1+55 bzw. km 0.8+55. Die Ortsteile Gaisburg und Gablenberg im Stadtbezirk Stuttgart-Ost werden unterfahren, gleiches gilt für den Stadtbezirk Wangen und den Neckar. Unter dem Neckar verzweigen sich die zwei eingleisigen Tunnelröhren jeweils in eine Zuführung Ober- bzw. Untertürkheim um innerhalb bestehender Gleisfelder der gleichnamigen Stadtbezirke die Geländeoberfläche zu erreichen und an vorhandene Strecken anzuschließen.

Gegenstand der Untersuchung sind die zwei eingleisigen Tunnelröhren als Verbindung der Innenstadt von Stuttgart mit Ober- bzw. Untertürkheim einschließlich des Zwischenangriffs Ulmer Straße und der geplanten Rettungszufahrten. Unterwerke, Schaltposten und elektronische Stellwerke als Niederfrequenzanlagen im Sinne der 26. BImSchV sind im PFA 1.6 a nicht geplant.

Die Tunnelstrecken westlich des Neckars weisen eine Überdeckung von mehr als 25 m auf. Hierdurch ergibt sich ein relativ geringes Konfliktpotential für elektrische und magnetische Felder.

Im Untersuchungsraum des PFA 1.6 a sind im Bereich der im Tunnel geführten Trasse keine relevanten Vorbelastungen der Frequenz $16 \frac{2}{3}$ Hz vorhanden, da es sich um eine Neubaustrecke handelt. Im Bereich der oberirdischen Streckenführung ergibt sich eine Vorbelastung der Frequenz $16 \frac{2}{3}$ Hz im Wesentlichen durch die bestehenden S-Bahn-Gleise von und nach Esslingen und die bestehenden Fernbahngleise von und nach Ulm.

3.2 Prognose der von den Bahnoberleitungen ausgehenden Feldstärken

3.2.1 Elektrische Felder

Die Prognose der projektbedingten elektrischen Feldstärken wurde vom Forschungs- und Technologiezentrum der DB AG durchgeführt (DB FTZ

1999). Für die Tunnelstrecken wurde keine Prognoseberechnung durchgeführt, da das elektrische Feld hier durch umgebenden Materialien um den Faktor 15 bis 20 abgeschirmt wird (vgl. Kap. 2.1.1). Auswirkungen sind demnach in diesen Bereichen nicht zu erwarten (DB FTZ 1999).

Die oberirdisch verlaufenden Streckenabschnitte liegen innerhalb bestehender Gleisfelder in Unter- bzw. Obertürkheim sowie in Bad Cannstatt. Die unter der Annahme ungünstigster Betriebsbedingungen auftretenden elektrischen Feldstärken in der Umgebung einer zweigleisigen Strecke sind in Anhang 1 dargestellt. Die hier zugrundegelegten Randbedingungen entsprechen dem Standardfall für zweigleisige Bahnstrecken.

Unmittelbar unter der Oberleitung im Gleisbereich beträgt das elektrische Feld ca. 2 kV/m. Es nimmt quadratisch mit der Entfernung ab. In 6 m Abstand von äußeren Schiene bzw. von der Oberleitung liegt die elektrische Feldstärke bei rd. 0,5 kV/m.

3.2.2 Magnetfelder

Die Prognose der projektbedingten magnetischen Flussdichten basiert auf Berechnungen. Diese wurden vom Forschungs- und Technologiezentrum der DB AG (DB FTZ 1998a, 1998b, 1999) unter der Annahme ungünstigster Betriebsbedingungen (worst case) exemplarisch für zwei ausgesuchte Querschnitte durchgeführt. Berechnet wurde eine eingleisige Tunnelstrecke (vgl. Anhang 2a) und eine viergleisige oberirdische Wechselstrombahnstrecke (vgl. Anhang 3).

Durch additive Überlagerung der Magnetfeldisolines der Abbildung in Anhang 2a kann das Magnetfeld in der Umgebung von zwei eingleisigen Tunnelröhren ermittelt werden (vgl. Anhang 2b).

Anhang 2a zeigt das Magnetfeld in der Umgebung einer eingleisigen Fernbahnstrecke im Tunnel mit Normalkorbbelegung und bildet in erster Linie die Berechnungsgrundlage für weiterführende Betrachtungen, da eingleisige Tunnelröhren, die nicht durch weitere Strecken beeinflusst werden, im PFA 1.6 a nicht geplant sind.

Anhang 2b zeigt das Magnetfeld in der Umgebung von zwei eingleisigen Tunnelröhren mit Normalkorbbelegung die in einem horizontalen Abstand von 30 m verlaufen. Im vorliegenden Planfeststellungsabschnitt kann sie für einen Großteil der im Tunnel geführten Strecken der Zuführung nach Ober- bzw. Untertürkheim verwendet werden. Das Gesamtmagnetfeld erhält man durch graphisch additive Überlagerung der einzelnen Magnetfelder.

Als technische Randbedingungen wurden ein Oberleitungsstrom von jeweils 1000 A und ein Rückstromanteil von jeweils 100 % zugrundegelegt, der zu 1/3 in den Schienen und zu 2/3 in der Tunnelbelegung zum Unterwerk zurückfließt. Unter der Annahme ungünstigster Be-

triebsbedingungen erreicht das Magnetfeld in einem Abstand von 10 m von der äußeren Schiene bzw. von der Oberleitung rd. $5 \mu\text{T}$ und in einem Abstand von 25 m rd. $1 \mu\text{T}$.

Bei der Berechnung der Magnetfelder der oberirdischen Streckenabschnitte der Zuführung Unter- und Obertürkheim ist zu beachten, dass südlich des Wartungsbahnhofes die bereits vorhandenen S-Bahn-Gleise von und nach Esslingen sowie die beiden Fernbahngleise von und nach Ulm verlaufen.

Die S-Bahn-Gleise werden derzeit mit ET 420 und einer Geschwindigkeit von max. 90 km/h z. T. als Langzug befahren. Die Fernbahngleise werden derzeit mit ICE- oder Lok-bespannten Zügen und einer Höchstgeschwindigkeit von 140 km/h befahren. Diese beiden Gleise bestimmen heute und auch künftig die Magnetfeldausbreitung entlang der gesamten Trasse (DB FTZ 1999).

Die bis rd. km 1,1 im Tunnel verlaufende und die S- bzw. Fernbahngleise unterquerende sog. Untertürkheimer Kurve wird nur mit max. Geschwindigkeiten von 80 km/h befahren, so dass der Summenstrom in den beiden eingleisigen Tunnelröhren die Situation nicht gravierend verändern wird. Bei allen diesbezüglichen Betrachtungen spielt auch der schwer definierbare Gleichzeitigkeitsfaktor (d. h. wie viele Zugbewegungen mit welchen Oberleitungsströmen gleichzeitig auftreten können) eine maßgebende Rolle (DB FTZ 1999).

Da anzunehmen ist, dass die oberirdische Streckeneinbindung der Untertürkheimer Kurve, der Obertürkheimer Kurve, der IR-Kurve und die Gleise des Wartungsbahnhofs Untertürkheim selbst keine nennenswerte Steigerung der Oberleitungsströme gegenüber dem heutigen Zustand verursachen werden, wird sich unter Annahme eines vergleichbaren Traktionsprogramms auch an der derzeitigen Magnetfeldsituation keine gravierende Veränderung ergeben (DB FTZ 1999).

Anhang 3 zeigt das Magnetfeld in der Umgebung einer viergleisigen oberirdischen Bahnstrecke. Aufgrund der vorstehend gemachten Ausführungen beschreibt es im vorliegenden Planfeststellungsabschnitt die derzeitige und die zukünftige Magnetfeldsituation im Bereich der oberirdischen Streckenabschnitte der Zuführung Unter- und Obertürkheim.

Technische Randbedingung für die Berechnung ist ein Gesamtstrom von 2000 A. Der Oberleitungsstrom der S-Bahn-Gleise beträgt 1200 A, der Oberleitungsstrom der Fernbahngleise 800 A. Angenommen wird ein Schienenrückstromanteil von 80 %.

Unter der Annahme ungünstigster Betriebsbedingungen erreicht das Magnetfeld in einer Entfernung von 15 m von der äußeren Schiene bzw. von der Oberleitung rd. $5 \mu\text{T}$, in 60 m Entfernung einen Wert von rd. $1 \mu\text{T}$.

Wie die Berechnungen zeigen, wird in allen Anliegerbereichen, für die die 26. BImSchV maßgebend ist, der Grenzwert für Dauereexposition von $300 \mu\text{T}$ für die Bahnfrequenz von $16 \frac{2}{3}$ Hz selbst unter ungünstigsten Betriebsbedingungen bei weitem nicht erreicht.

In der Umgebung der Fernbahnstrecken kann es zur Beeinflussungen von Sachgütern und deren Nutzung kommen. Betroffen sind vor allem Monitore mit Kathodenstrahlröhre. Aber auch medizinische und wissenschaftliche Laborgeräte wie Elektrokardiographie- und Elektroenzephalographiegeräte oder Rasterelektronenmikroskope, die empfindlich gegen Magnetfelder reagieren, können beeinflusst werden (vgl. Kap. 2.1.2).

Betroffen sein können z. B. Monitore mit Kathodenstrahlröhre bei oberirdischer Führung der Fernbahnstrecken in einem Abstand von der äußeren Schiene bzw. von der Oberleitung von bis zu 60 m. Bei Führung der Fernbahnstrecken in zwei eingleisigen Tunneln reduziert sich dieser Abstand auf rd. 25 m.

Bei empfindlichen Labor- und Diagnosegeräten kann der Abstand, innerhalb dessen es zu einer Beeinflussung kommt, im Einzelfall noch größer sein. Dies ist abhängig von der Störanfälligkeit dieser Geräte.

3.3 Prognose der von sonstigen stromführenden Anlagen ausgehenden Feldstärken

Das Mittelspannungsnetz und der Schaltposten Bad Cannstatt werden als sonstige stromführende Anlagen gemeinsam betrachtet. Berechnungen zu den elektrischen und magnetischen Feldern der sonstigen stromführenden Anlagen wurden nicht durchgeführt, da es in der Umgebung der Anlagen nicht zum dauerhaften Aufenthalt von Menschen im Sinne der 26. BImSchV kommt.

Nach Angaben des Länderausschuss für Immissionsschutz (LAI 1998) zur Durchführung der Verordnung über elektromagnetische Felder verursachen stromführende Anlagen einen Einwirkungsbereich, in dem sich der Immissionsbeitrag signifikant von der Hintergrundbelastung abhebt, unabhängig davon, ob die Immissionen tatsächlich schädliche Umweltauswirkungen auslösen. Der Einwirkungsbereich des Mittelspannungsnetzes beträgt demnach 1 m, der des Schaltpostens 5 m.

3.3.1 Elektrische Felder

Die von den sonstigen stromführenden Anlagen ausgehenden elektrischen Felder werden durch die umgebenden Baumaterialien weitestgehend abgeschirmt.

Im Einwirkungsbereich der stromführenden Anlagen kommt es nicht zum Aufenthalt von Menschen im Sinne der 26. BImSchV. Empfindliche Geräte sind hier nicht vorhanden.

3.3.2 Magnetfelder

Die von den sonstigen stromführenden Anlagen ausgehenden Magnetfelder sind gering.

Im Einwirkungsbereich der stromführenden Anlagen kommt es nicht zum Aufenthalt von Menschen im Sinne der 26. BImSchV. Empfindliche Geräte sind hier nicht vorhanden.

4 Beeinträchtigungen durch projektbedingte Eingriffe

4.1 Baubedingte Beeinträchtigungen

Das zum Einsatz kommende Auffahrkonzept für den bergmännischen Bau der Tunnelröhren, des Zwischenangriffs Ulmer Straße und der Rettungszufahrten im PFA 1.6 a ist die Spritzbetonmethode. Beim Bau der Tunnelröhren in offener Bauweise kommen in erster Linie Baumaschinen und Geräte mit Verbrennungsmotor zum Einsatz. Baubedingte Emissionen von elektrischen und magnetischen Feldern, die zu schädlichen Umweltauswirkungen auf die menschliche Gesundheit oder zu Beeinträchtigungen von empfindlichen Geräten bzw. Nutzungen führen, sind nicht zu erwarten.

4.2 Anlagebedingte Beeinträchtigungen

Anlagebedingte Emissionen von elektrischen Feldern der Bahnoberleitungen, die zu schädlichen Umweltauswirkungen auf die menschliche Gesundheit führen, sind nicht zu erwarten, da der Grenzwert der 26. BImSchV von 10 kV/m deutlich unterschritten wird. Beeinträchtigungen von empfindlichen Geräten oder deren Nutzung sind ebenfalls nicht zu erwarten, da im Einwirkungsbereich der Anlagen keine empfindlichen Geräte vorhanden sind.

Anlagebedingte Emissionen von elektrischen und magnetischen Feldern der Bahnoberleitungen, die zu schädlichen Umweltauswirkungen auf die menschliche Gesundheit oder zu Beeinträchtigungen von empfindlichen Geräten bzw. Nutzungen führen, sind nicht zu erwarten, da in den Oberleitungen kein nennenswerter Strom fließt, wenn kein Zug in dem Speiseseabschnitt fährt.

Anlagebedingte Emissionen von elektrischen und magnetischen Feldern des Mittelspannungsnetzes und des Schaltpostens Bad Cannstatt, die zu schädlichen Umweltauswirkungen auf die menschliche Gesundheit führen, sind nicht zu erwarten, da es im Einwirkungsbereich der Anlagen nicht zu einem dauerhaften Aufenthalt von Menschen im Sinne der 26. BImSchV kommt. Beeinträchtigungen von empfindlichen Geräten und Nutzungen sind ebenfalls nicht zu erwarten, da im Einwirkungsbereich keine empfindlichen Geräte oder Nutzungen vorhanden sind.

4.3 Betriebsbedingte Beeinträchtigungen

Betriebsbedingte Emissionen von elektrischen Feldern der Bahnoberleitungen, die zu schädlichen Umweltauswirkungen auf die menschliche Gesundheit führen, sind nicht zu erwarten, da die Ergebnisse der Berechnungen belegen, dass auch unter der Annahme ungünstigster Betriebsbedingungen der Grenzwert der 26. BImSchV von 10 kV/m unterschritten wird. Beeinträchtigungen von empfindlichen Geräten oder deren Nutzung sind nicht zu erwarten, da im Einwirkungsbereich keine empfindlichen Geräte vorhanden sind. Bei Führung der Trassen im Tunnel wirken zudem die umgebenden Materialien stark abschirmend.

Betriebsbedingte Emissionen von magnetischen Feldern der Bahnoberleitungen, die zu schädlichen Umweltauswirkungen auf die menschliche Gesundheit führen, sind nicht zu erwarten, da die Ergebnisse der Berechnungen belegen, dass in Bereichen, in denen es zu einem Aufenthalt von Menschen im Sinne der 26. BImSchV kommt, auch unter der Annahme ungünstigster Betriebsbedingungen, der Grenzwert der 26. BImSchV von 300 μ T unterschritten wird.

Betriebsbedingte Emissionen von magnetischen Feldern der Bahnoberleitungen, die zu Beeinträchtigungen von empfindlichen Geräten oder deren Nutzung führen sind nicht auszuschließen. Beeinträchtigungen z. B. von Monitoren mit Kathodenstrahlröhre sind bei oberirdischer Führung der Trasse in einem Abstand von bis zu 60 m zur äußeren Schiene bzw. zur Oberleitung nicht auszuschließen. Bei Führung der Trassen in zwei eingleisigen Tunneln reduziert sich dieser Bereich auf rd. 25 m.

Beeinträchtigungen von empfindlichen Labor- oder Diagnosegeräten sind auch in größerem Abstand in Einzelfällen nicht auszuschließen. Dies ist abhängig von der Störanfälligkeit dieser Geräte. Im Rahmen der Beweissicherung sind Messungen der Magnetfelder im Einzelfall durchzuführen und im Hinblick auf die derzeitige Nutzung zu beurteilen.

Betriebsbedingte Emissionen von elektrischen und magnetischen Feldern der Mittelspannungsstationen und des Mittelspannungsnetzes, die zu schädlichen Umweltauswirkungen auf die menschliche Gesundheit führen, sind nicht zu erwarten, da es im Einwirkungsbereich der Anlagen nicht zu einem Aufenthalt von Menschen im Sinne der 26. BImSchV kommt. Beeinträchtigungen von empfindlichen Geräten oder deren Nutzung sind ebenfalls nicht zu erwarten, da im Einwirkungsbereich keine empfindlichen Geräte oder Nutzungen vorhanden sind.

5 Möglichkeiten zur Vermeidung und Minderung projektbedingter Umweltauswirkungen

Die Möglichkeiten der Reduzierung von Magnetfeldern am Entstehungsort werden anlagentechnisch genutzt, um Beeinflussungen durch den Zugverkehr und die jeweilig auftretenden Magnetfeldschwankungen, zu begegnen (vgl. Kap. 3.3.1).

Falls die anlagentechnischen Maßnahmen am Entstehungsort oder die Wahl einer geeigneten Tunnelarmierung nicht ausreichen, sind Abschirmungen aus Mu-Metall am Ort der Einwirkung anzuordnen. Derartige Abschirmvorrichtungen stehen für Computer-Monitore handelsüblich zur Verfügung.

Zusätzlich sind aktive Abschirmungen möglich, die auftretende Wechselfelder in einem bestimmten Raum kompensieren, indem ein entsprechend großes Gegenfeld erzeugt wird. Dies geschieht über drei Spulenpaare, die nach den drei Raumachsen ausgerichtet sind und von einem Regelkreis angesteuert werden. Sind mehrere Monitore, Anzeige- oder Steuergeräte in einem Raum betroffen, können Raumkompensationen mit Induktionsschleifen nach dem gleichen Prinzip installiert werden.

Monitore ohne Kathodenstrahlröhre wie z. B. Flüssigkristalldisplays (LCD) oder TFT-Flachbildschirme sind gegenüber Magnetfeldern nicht stör anfällig und deshalb alternativ zu den genannten Abschirmkonzepten in Bereichen mit einer Störwirkung einsetzbar.

Die Notwendigkeit der Abschirmungen oder des Einsatzes von LCD-Monitoren bzw. TFT-Flachbildschirmen ergibt sich aus dem Ergebnis der Beweissicherung.

6 Zusammenfassung

Der Erläuterungsbericht Elektrische und magnetische Felder beschreibt und bewertet die bau-, anlage- oder betriebsbedingt von den Fernbahnstrecken, dem Mittelspannungsnetz und dem Schaltposten Bad Cannstatt ausgehenden niederfrequenten elektrischen und magnetischen Felder und deren Auswirkungen auf den Menschen sowie auf empfindliche Geräte.

Auswirkungen auf den Menschen

Die Beurteilung der niederfrequenten elektrischen und magnetischen Wechselstromfelder der Fernbahnstrecken sowie der sonstigen stromführenden Anlagen erfolgt anhand der Grenzwerte der 26. BImSchV.

Bau-, anlage- oder betriebsbedingte Emissionen von elektrischen oder magnetischen Feldern, die zu schädlichen Umweltauswirkungen auf die menschliche Gesundheit führen, sind nicht zu erwarten, da die Grenzwerte der 26. BImSchV in Bereichen, in denen es zu einem Aufenthalt von Menschen im Sinne der 26. BImSchV kommt, eingehalten werden.

Auswirkungen auf empfindliche Geräte

Allgemeingültige Grenzwerte für elektrische und magnetische Wechselfelder im Hinblick auf Geräte oder deren Nutzung existieren nicht. Auswirkungen werden exemplarisch für Monitore mit Kathodenstrahlröhre untersucht. Beeinflussungen durch niederfrequente magnetische Wechselfelder können ab rd. 1 μT auftreten.

Bau- und anlagebedingte Emissionen von elektrischen und magnetischen Feldern, die zu Beeinflussungen von empfindlichen Geräten oder deren Nutzung führen, sind nicht zu erwarten. Dies gilt auch für betriebsbedingte Emissionen von elektrischen Feldern.

Betriebsbedingte Emissionen von magnetischen Feldern der Bahnoberleitungen, die zu Beeinflussungen von empfindlichen Geräten oder deren Nutzung führen, sind nicht auszuschließen. Beeinträchtigungen z. B. von Monitoren mit Kathodenstrahlröhre sind bei oberirdischer Führung der Trasse in einem Abstand von bis zu 60 m zur äußeren Schiene bzw. zur Oberleitung nicht auszuschließen. Bei Führung der Trassen in zwei eingleisigen Tunneln reduziert sich dieser Bereich auf rd. 25 m.

Beeinflussungen empfindlicher Labor- oder Diagnosegeräte in noch größerem Abstand sind im Einzelfall nicht auszuschließen. Dies ist abhängig von der Störanfälligkeit dieser Geräte.

Um Beeinflussungen von empfindlichen Geräten im Einzelfall zu erfassen, kann eine Beweissicherung erforderlich werden. Die Maßnahmen zur Kompensation sind dann im Einzelfall festzulegen und durchzuführen bzw. zu regeln.

Betriebsbedingte Emissionen von magnetischen Wechselfeldern des Mittelspannungsnetzes und des Schaltpostens Bad Cannstatt, die zu Störungen von empfindlichen Geräten oder deren Nutzung führen, sind ebenfalls nicht zu erwarten, da im Einwirkungsbereich keine empfindlichen Geräte oder Nutzungen vorhanden sind.

Die Ergebnisse des Erläuterungsberichtes Elektrische und magnetische Felder sind die Grundlage für die Betrachtungen zu den Schutzgütern Menschen und sonstige Sachgüter im Rahmen der Umweltverträglichkeitsstudie (vgl. Anlage 15 der Planfeststellungsunterlagen).

7 Literatur und verwendete Unterlagen

26. BImSchV (1996):
Sechszwanzigste Verordnung zur Durchführung des Bundes-Immissionsschutzgesetzes vom 16. Dezember 1996. Bundesgesetzblatt Jahrgang 1996 Teil I Nr. 66.
- BImSchG - Bundes-Immissionsschutzgesetz (1990):
Gesetz vor schädlichen Umwelteinwirkungen durch Luftverunreinigungen, Geräusche, Erschütterungen und ähnliche Vorgänge. BGBl. I S. 880.
- ANGERER, M. (1997):
Niederfrequente elektrische und magnetische Felder. EI - Eisenbahningenieur 48, 37-40.
- BRÜGGEMEYER, H. (1993):
Elektrosmog - Auswirkungen von elektromagnetischen Feldern auf Menschen. Niedersächsisches Umweltministerium.
- BRÜGGEMEYER, H. (1996):
Niederfrequente elektrische und magnetische Felder und ihre Wirkung auf den Menschen. Niedersächsisches Landesamt für Ökologie.
- BUNDESMINISTERIUM DER JUSTIZ (1995):
Bekanntmachung einer Empfehlung der Strahlenschutzkommission (Schutz vor niederfrequenten elektrischen und magnetischen Feldern der Energieversorgung und Anwendung). Bundesanzeiger 47 Nummer 147 a, 3-20.
- BMU - BUNDESMINISTER FÜR UMWELT, NATURSCHUTZ UND REAKTORSICHERHEIT (1990):
Nichtionisierende Strahlung. Veröffentlichungen der Strahlenschutzkommission. Band 16.
- DAVID, E., REIßENWEBER, J., PFOTENHAUER, M. (1990):
Biologische Wirkung von Niederfrequenzfeldern. In: HAUBRICH H.-J. (Hrsg.): Sicherheit im elektromagnetischen Umfeld. vde-verlag. Berlin, 47-64.
- DB FTZ - Deutsche Bahn Forschungs- und Technologie-Zentrum (1998a):
Projekt Stuttgart 21; PFA 1.6. Berechnungen zu elektrischen und magnetischen Feldern. München.

DB FTZ - Deutsche Bahn Forschungs- und Technologie-Zentrum (1998b):
Projekt Stuttgart 21; PFA 1.6. Magnetfeldberechnungen. München.

DB FTZ - Deutsche Bahn Forschungs- und Technologie-Zentrum (1999):
Projekt Stuttgart 21; PFA 1.6. Zuführung Untertürkheim Wartungsbahnhof, Auswirkungen durch elektrische und magnetische Felder. München.

DIN E VDE 0228 Teil 6 Entwurf (1992):
Beeinflussung von Einrichtungen der Informationstechnik. Elektrische und magnetische Felder von Starkstromanlagen im Frequenzbereich von 0 bis 10 kHz. Beuth Verlag, Berlin.

DIN V VDE 0848 Teil 4 A3 (1995):
Sicherheit bei elektromagnetischen Feldern; Grenzwerte für Feldstärken zum Schutz von Personen im Frequenzbereich von 0 bis 30 kHz.

INTERNATIONAL NON-IONIZING RADIATION COMMITTEE (IRPA/INIRC) (1990):
Interim Guidelines on Limits of Exposure to 50/60 Hz Electric and Magnetic Fields. Hlth. Phys. 58, 113-122.

IRNICH, W. (1992):
Wirkungen auf elektrisch aktive Implantate. Manuskripte des BfS Symposiums "Wirkungen niederfrequenter Felder" am 3./4. Dezember 1992.

LAI - Länderausschuss für Immissionsschutz (1998):
Hinweise zur Durchführung der Verordnung über elektromagnetische Felder (26. Bundes-Immissionsschutzverordnung).

LANDESANSTALT FÜR UMWELTSCHUTZ BADEN-WÜRTTEMBERG (1997):
Elektrische und magnetische Felder im Alltag - Vorkommen, Wirkungen, Grenzwerte. Bericht der Landesanstalt für Umweltschutz Baden-Württemberg Nr. 20. Karlsruhe.

LEITGEB, N. (1990):
Strahlen, Wellen, Felder. Ursachen und Auswirkungen auf Umwelt und Gesundheit. dtv.

SILNY, J. (1990):
Funktionsverlässlichkeit technischer Implantate in Niederfrequenzfeldern. In: HAUBRICH H.-J. (Hrsg.): Sicherheit im elektromagnetischen Umfeld. vde-verlag. Berlin 113-128.

SILNY, J. (1993):

Nichtionisierende elektromagnetische Felder. In: WICHMANN, SCHILPKÖTER, FÜLLGRAFF (Hrsg.): Handbuch der Umweltmedizin - 2. Erg. Lfg. 9/1993.

WICHMANN, SCHILPKÖTTER, FÜLLGRAFF (1993):
Handbuch der Umweltmedizin - 2. Erg. Lfg. 9/1993.

8 Glossar

Abschirmung

Elektrische Felder können relativ leicht abgeschirmt werden. Biologische Materialien und Stoffe schwächen elektrische Felder sehr stark ab. Durch inerte Materialien und Stoffe wie z.B. Mauerwerk und Wände werden elektrische Felder ebenfalls reduziert (um etwa 90 %).

Magnetische Felder durchdringen im Gegensatz hierzu belebte und un-belebte Materialien ohne nennenswerte Dämpfung. Die induzierten Wirbelströme hängen bezüglich der Stromdichte in komplexer Weise von den elektrischen Eigenschaften des Materials und der Feldbeschaffenheit ab.

Dauerexposition

Dauerexposition erfolgt in Bereichen, in denen nicht nur mit Kurzzeitexposition gerechnet werden kann. Hierzu zählen Gebiete mit Wohn- und Gesellschaftsbauten, einzelne Wohngrundstücke, Anlagen und Einrichtungen für Sport, Freizeit, Erholung und Arbeitsstätten, in denen eine Felderzeugung bestimmungsgemäß nicht erwartet wird.

EEG (Elektroenzephalographie)

Medizinisches Diagnoseverfahren, das Spannungsschwankungen, hervorgerufen durch die elektrische Tätigkeit des Gehirns, registriert.

EKG (Elektrokardiographie)

Medizinisches Diagnoseverfahren, das die vom Herzen ausgehenden Aktionsströme (Spannungsschwankungen) aufzeichnet.

Elektrisches Feld

Ein elektrisches Feld entsteht überall dort, wo aufgrund getrennter Ladungsträger eine Potentialdifferenz, d.h. eine elektrische Spannung, vorhanden ist. Dies ist auch dann der Fall, wenn kein Strom fließt. Die Einheit der elektrischen Feldstärke ist (V/m).

ELF (Extremely Low Frequency)

Internationale Bezeichnung für den Niederfrequenzbereich von 30 Hz bis 300 Hz.

Emission

bezeichnet den Übertritt von Stoffen, Strahlen, Geräuschen oder Erschütterungen von einer Quelle in ein Medium.

Farraday'scher Käfig

Abschirmung äußerer Felder durch metallische Gitter oder Umhüllungen.

Fernfeld

Strahlungsfeld in größerer Entfernung von der Quelle, in dem sich die Strahlung als ebene Welle ausbreitet. Der elektrische und magnetische Feldvektor stehen senkrecht aufeinander und sind in „Ähase“, d.h. beide Feldanteile ändern sich in Ausbreitungsrichtung gleichzeitig und in gleicher Weise.

Frequenz

Anzahl der Schwingungen in einer Sekunde. Die Einheit ist Hertz (Hz).

ICNIRP (Intern. Commission on Non-Ionizing Radiation Protection)

Internationale Kommission für den Schutz vor nicht-ionisierender Strahlung bei der Internationalen Strahlenschutzvereinigung (IRPA).

Immission

bezeichnet den Übertritt von Stoffen, Strahlen, Geräuschen oder Erschütterungen von einem Medium auf einen Akzeptor.

Implantat

Ein aktives Implantat ist ein Gerät, das ganz oder teilweise durch eine medizinische Intervention in den menschlichen Körper oder in Körperhöhlen eingebracht wird, um dort zu verbleiben. Es wird durch eine Energiequelle betrieben, die nicht auf Schwerkraft beruht oder auch nicht durch den menschlichen Körper direkt erzeugt wird. Ein Gerät, das beispielsweise Körperfunktionen wie Elektrokardiogramm oder Temperatur beobachtet und nach außen funkt, ist in diesem Sinne genauso ein aktives Implantat, wie ein Herzschrittmacher, der aktiv Körperfunktionen steuert.

IRPA

Internationale Strahlenschutzvereinigung.

Kathodenstrahlröhre

Bei Fernsehgeräten und Monitoren erfolgt der Bildaufbau i.d.R. durch eine Kathodenstrahlröhre. Der Kathodenstrahl kann durch Magnetfelder abgelenkt werden. Folgen können Bildschirmflimmern, statisches Bildkippen, Bildversatz oder Farbverfälschungen sein.

Magnetisches Feld

Ein magnetisches Feld entsteht überall dort, wo elektrische Ladungen bewegt werden, d.h. wo ein elektrischer Strom fließt. Die Einheit der magnetischen Feldstärke ist Stromstärke pro Meter (A/m) oder, angegeben als magnetische Induktion, Tesla (T).

Nahfeld

Räumlicher Bereich des elektromagnetischen Feldes zwischen der Strahlungsquelle und ihrem Fernfeld.

Niederfrequenzanlagen

Niederfrequenzanlagen sind ortsfeste Anlagen zur Umspannung und Fortleitung von Elektrizität. Hierzu gehören u.a. Bahnstromfern- und Bahnstromoberleitungen einschließlich der Umspann- und Schaltanlagen mit einer Frequenz von 16 2/3 Hz oder 50 Hz.

SSK (Strahlenschutzkommission)

Unabhängige Kommission beim Bundesminister für Umwelt, Naturschutz und Reaktorsicherheit.

Sub ELF (Sub Extremely Low Frequency)

Internationale Bezeichnung für den Niederfrequenzbereich von 0 Hz bis 30 Hz.

Ungünstigste Betriebsbedingungen

Unter der Annahme ungünstigster Betriebsbedingungen maximal zu erwartende elektrische bzw. magnetische Felder (worst case). Ungünstigste Betriebsbedingungen ergeben sich z.B. bei gleichzeitigen Anfahr- und Bremsvorgängen auf sämtlichen verfügbaren Gleisen.

Unterwerk (Uw)

Unterwerke transformieren den Strom der Bahnstromleitungen auf das Niveau von 15 kV und speisen ihn in die Oberleitung ein.

Versorgungsabschnitt

Streckenabschnitt zwischen zwei Unterwerken.

Vorbelastung / Zusatzbelastung / Gesamtbelastung

Vorbelastung bezeichnet die vorhandene Belastung durch elektrische und magnetische Felder einer bestimmten Frequenz. Als Zusatzbelastung wird die projektbedingte Emission von elektrischen und magnetischen Feldern durch den Bau, die Anlage oder den Betrieb bezeichnet. Die Vor- und die Zusatzbelastung ergeben zusammen die Gesamtbelastung. Sie kann anhand der gesetzlichen Grenzwerte beurteilt werden.

Wellenlänge

Distanz, die eine Welle während einer Schwingungsdauer zurücklegt.

WHO

Weltgesundheitsorganisation.

Wirbelstrom

Durch Induktion in einem leitfähigen Material erzeugter elektrischer Strom.

Anhang

- Anhang 1: Elektrische Feldstärke in der Umgebung einer zweigleisigen Wechselstrom-Bahnstrecke mit Oberleitung, 15 kV
- Anhang 2a: Magnetische Induktion in der Umgebung einer eingleisigen Wechselstrom-Tunnelstrecke mit Oberleitung, 15 kV
- Anhang 2b: Magnetische Induktion in der Umgebung von zwei eingleisigen Wechselstrom-Tunnelstrecken mit Oberleitung, 15 kV
Graphische Überlagerung der Isolinien
- Anhang 3: Magnetische Induktion in der Umgebung einer oberirdischen viergleisigen Wechselstrom-Bahnstrecke mit Oberleitung, 15 kV

Anhang 1:

Elektrische Feldstärke in der Umgebung einer zweigleisigen
Wechselstrom-Bahnstrecke mit Oberleitung, 15 kV

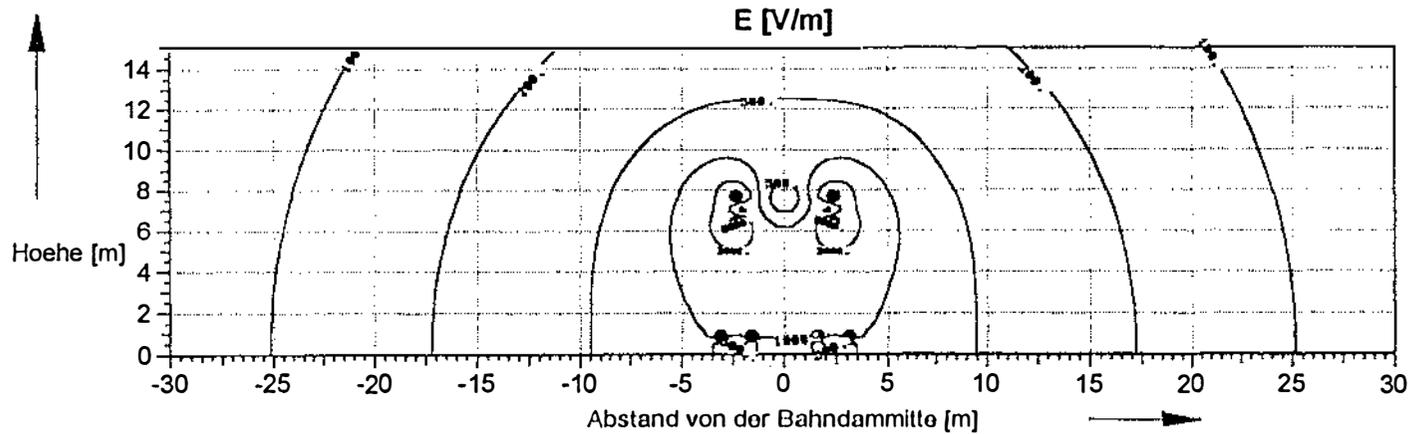
Deutsche Bahn, FTZ 21 München

Beeinflussung durch Wechselstrombahnen

Modellberechnung zum Nachweis gemäß 26. BImSchV

REFINE 9.026

Copyright (C) SIEMENS AG 1999 All Rights Reserved.



Elektrische Feldstaerke in der Umgebung der Anlage

Zweigleisige Wechselstrom-Bahnstrecke mit Oberleitung, 15 kV ($U_{Bmax}=17,25$ kV)

Angerer/Wiesner

EMF 1.03

E-F15KV 01.03.1999

C:\EMF\ZBT412W\I3

Anhang 1:

Anhang 2a:

Magnetische Induktion in der Umgebung einer eingleisigen
Wechselstrom-Tunnelstrecke mit Oberleitung, 15 kV

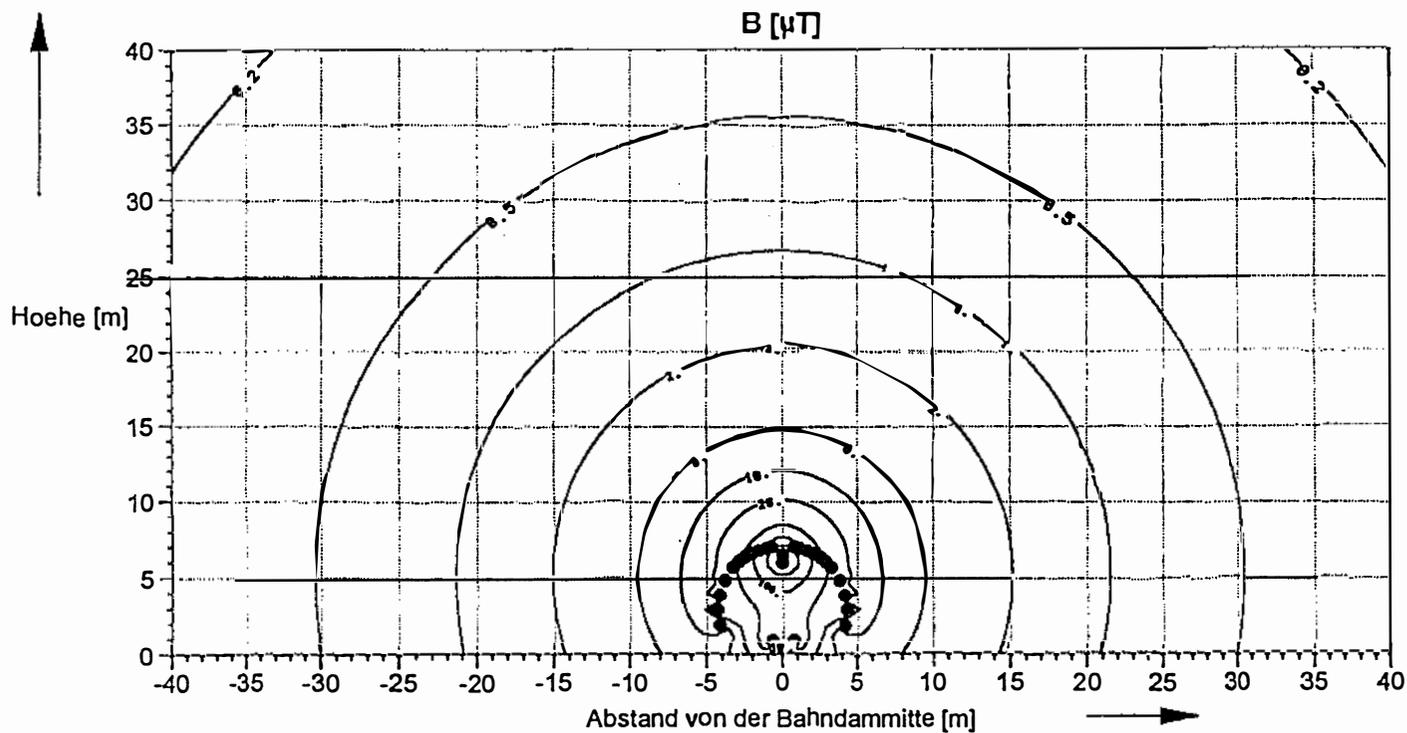
REFINE 9.026

Copyright (C) SIEMENS AG 1998 All Rights Reserved.

Deutsche Bahn, FTZ, BT 412

Beeinflussung durch Wechselstrombahnen

Modellberechnung zum Nachweis gemäß 26. BImSchV



Magnetische Induktion in der Umgebung der Anlage
1-gleisige Tunnelstrecke mit OL 2xRi 100+Cu 95
Summe $I_o=1000$ A, $I_s=340$ A, $I_{Bew}=660$ A (Normalkorb)

M. Angerer/R. Wiesner
EMF 1.03
1TU40 15.12.1998
C:\EMF\OL

Anhang 2a:

Anhang 2b:

Magnetische Induktion in der Umgebung von zwei eingleisigen
Wechselstrom-Tunnelstrecken mit Oberleitung, 15 kV
Graphische Überlagerung der Isolinien

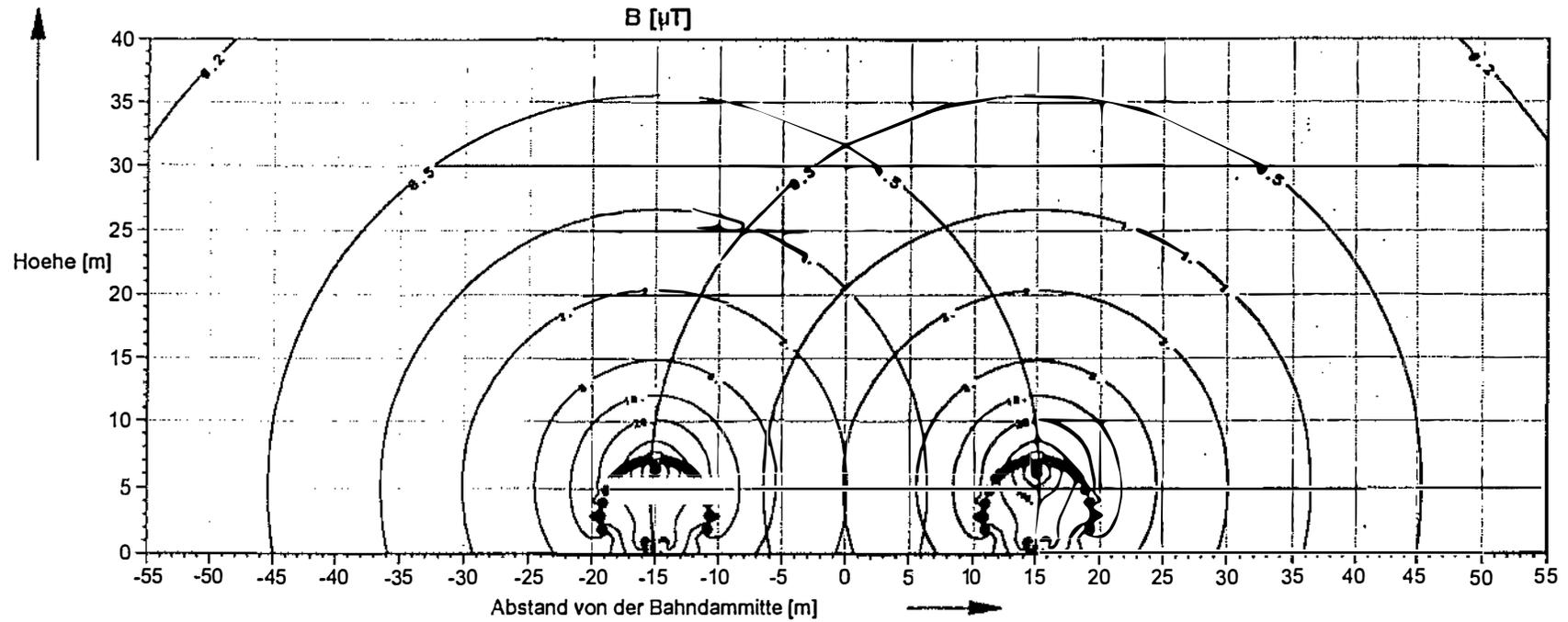
REFINE 9.026

Copyright (C) SIEMENS AG 1998 All Rights Reserved.

Deutsche Bahn, FTZ, BT 412

Beeinflussung durch Wechselstrombahnen

Modellberechnung zum Nachweis gemäß 26. BImSchV



Überlagerung der magnetischen Induktion
von zwei eingleisigen Tunnelstrecken mit
Normalkorbbelegung

Anhang 2b:

Anhang 3:

Magnetische Induktion in der Umgebung einer oberirdischen
viergleisigen Wechselstrom-Bahnstrecke mit Oberleitung, 15 kV