



Planfeststellungsunterlagen

Umgestaltung des Bahnknotens Stuttgart

Ausbau- und Neubaustrecke Stuttgart - Augsburg
Bereich Stuttgart - Wendlingen mit Flughafenanbindung

Abschnitt 1.5

Zuführung Feuerbach und Bad Cannstatt

Bau-km -4.0 -90.3 bis -0.4 -42.0 und -4.8 -64.4 bis -0.4 -42.0

Anlage 22.1: Elektrische und magnetische
Felder

Erläuterungsbericht



Nur zur Information

DBProjekte Süd GmbH
Deutsche Bahn Gruppe
Wolframstraße 20
70191 Stuttgart

im Auftrag der



Projekt Stuttgart 21

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

Planfeststellungsunterlagen

PFA 1.5 Zuführung Feuerbach /
Bad Cannstatt, S-Bahn-Anbindung

Anlage 22.1

Elektrische und magnetische Felder

Erläuterungsbericht

NUR ZUR INFORMATION

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, Dezember 2002

Anlage 22.1: Elektrische und magnetische Felder

Erläuterungsbericht

Inhaltsverzeichnis

	Seite
1 Vorbemerkungen	1
1.1 Ausgangslage und Vorhaben	1
1.1.1 Anlass und Planungsstand	1
1.1.2 Vorgaben und Rahmenbedingungen zur Planfeststellung	2
1.2 Aufgabenstellung	3
2 Grundlagen zur Untersuchung niederfrequenter elektrischer und magnetischer Felder	5
2.1 Physikalische Grundlagen und Erläuterungen	5
2.1.1 Elektrische Felder	6
2.1.2 Magnetfelder	7
2.2 Gesetzliche Vorgaben	9
2.3 Berechnungsverfahren	10
2.4 Allgemeine Projektwirkungen	11
2.4.1 Elektrische Felder	11
2.4.2 Magnetfelder	12
3 Elektrische und magnetische Felder im Untersuchungsraum	13
3.1 Untersuchungsraum	13
3.2 Prognose der von den Bahnoberleitungen ausgehenden Feldstärken	14
3.2.1 Elektrische Felder	14
3.2.2 Magnetfelder	15
3.3 Prognose der von sonstigen stromführenden Anlagen ausgehenden Feldstärken	17
3.3.1 Elektrische Felder	18
3.3.2 Magnetfelder	18

	Seite
4 Beeinträchtigungen durch projektbedingte Eingriffe	19
4.1 Baubedingte Beeinträchtigungen	19
4.2 Anlagebedingte Beeinträchtigungen	19
4.3 Betriebsbedingte Beeinträchtigungen	20
5 Möglichkeiten zur Vermeidung und Minderung projektbedingter Umweltauswirkungen	21
6 Zusammenfassung	22
7 Literatur und verwendete Unterlagen	24
8 Glossar	27
Anhang	A/1
Anhang 1: Elektrische Feldstärke in der Umgebung einer zweigleisigen Wechselstrom-Fernbahnstrecke mit Oberleitung, 15 kV	A/2
Anhang 2: Magnetische Induktion in der Umgebung einer zweigleisigen Wechselstrom-Fernbahnstrecke mit Oberleitung, 15 kV	A/4
Anhang 3: Magnetische Induktion in der Umgebung einer viergleisigen Wechselstrom-Fern- und -S-Bahnstrecke mit Oberleitung, 15 kV	A/6
Anhang 4a: Magnetische Induktion in der Umgebung einer eingleisigen Wechselstrom-Fernbahntunnelstrecke mit Oberleitung, 15 kV	A/8
Anhang 4b: Magnetische Induktion in der Umgebung von zwei eingleisigen Wechselstrom-Fernbahntunnelstrecken mit Oberleitung, 15 kV Graphische Überlagerung der Isolinien	A/10
Anhang 5: Magnetische Induktion in der Umgebung einer zweigleisigen Wechselstrom-Fernbahntunnelstrecke mit Oberleitung, 15 kV	A/12
Anhang 6: Magnetische Induktion in der Umgebung einer zweigleisigen Wechselstrom-S-Bahntunnelstrecke mit Oberleitung, 15 kV	A/14

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 Flughafenbindung,
- PFA 1.4 Filderbereich bis Wendlingen,
- PFA 1.5 Zuführung Feuerbach/Bad Cannstatt, S-Bahn-Anbindung,
- PFA 1.6 Zuführung Ober-/Untertürkheim, Wartungsbahnhof.

Gegenstand der vorliegenden Unterlagen ist der PFA 1.5 (Zuführung Feuerbach/Bad Cannstatt, S-Bahn-Anbindung) als Verbindung der Innenstadt von Stuttgart mit dem Stadtteil Feuerbach bzw. mit dem Stadtteil Bad Cannstatt sowie der S-Bahn-Anbindung Hauptbahnhof. Die Zuführung Feuerbach/Bad Cannstatt beginnt in der Innenstadt von Stuttgart, im Stadtbezirk Stuttgart-Mitte bei km –0.4-42, unterfährt den Stadtbezirk Stuttgart-Nord und endet in den Stadtbezirken Feuerbach bzw. Bad Cannstatt. Die S-Bahn-Anbindung verbindet die Stadtbezirke Bad Cannstatt, Stuttgart-Nord und Stuttgart-Mitte.

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 Sechszwanzigsten Verordnung zur Durchführung des BImSchG (Verordnung über elektromagnetische Felder - 26. BImSchV 1996) den vorbeugenden Schutz des Menschen und sonstiger Sachgüter vor schädlichen Umweltauswirkungen (§ 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 im Bereich der Fernbahnstrecken bzw. der S-Bahnstrecken vom Forschungs- und Technologiezentrum der Deutschen Bahn AG an fünf ausgesuchten Querschnitten durchgeführt wurden.

Berechnungen zu elektrischen Feldstärken der Fernbahnstrecken bzw. der S-Bahnstrecken 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 Fernbahn- bzw. der S-Bahnstrecken 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 der 26. BImSchV nicht überschritten werden.

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

In dem vorliegenden Erläuterungsbericht werden die Auswirkungen der niederfrequenten elektrischen und magnetischen Felder auf den Men-

schen 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).

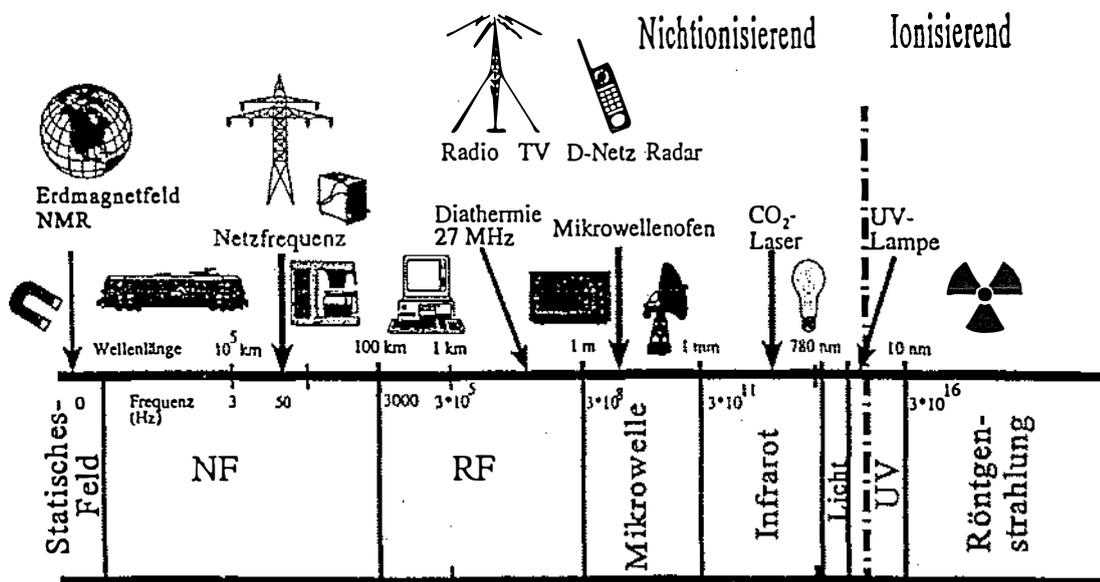


Abb. 2/1: Elektromagnetisches Spektrum (Quelle: BRÜGGEMEYER 1993)

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 (WICHMANN et al. 1993).

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.

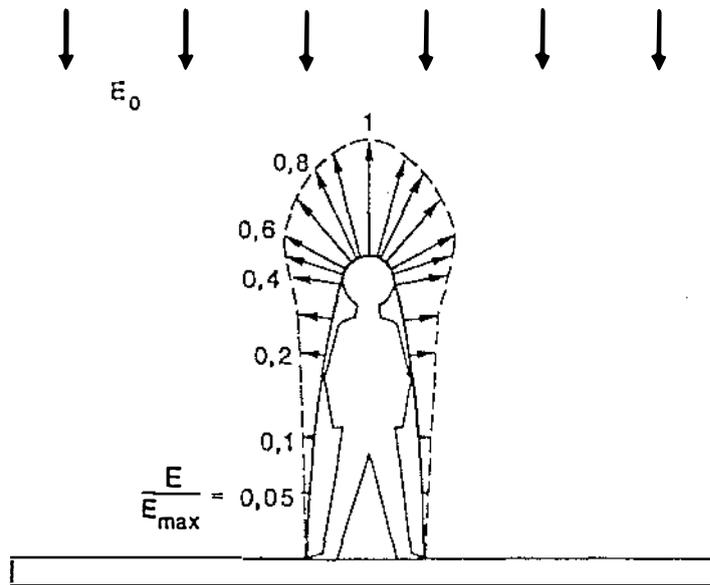


Abb. 2/2: Verteilung der Randfeldstärke E , bezogen auf die Maximalfeldstärke E_{\max} längs der Kontur eines menschenähnlichen Körpers im homogenen Feld E_0 (Quelle: DAVID et al. 1990)

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 graphische Darstellung zu den Dosis-Wirkungs-Zusammenhängen zeigt Abbildung 2/3 (SILNY 1993).

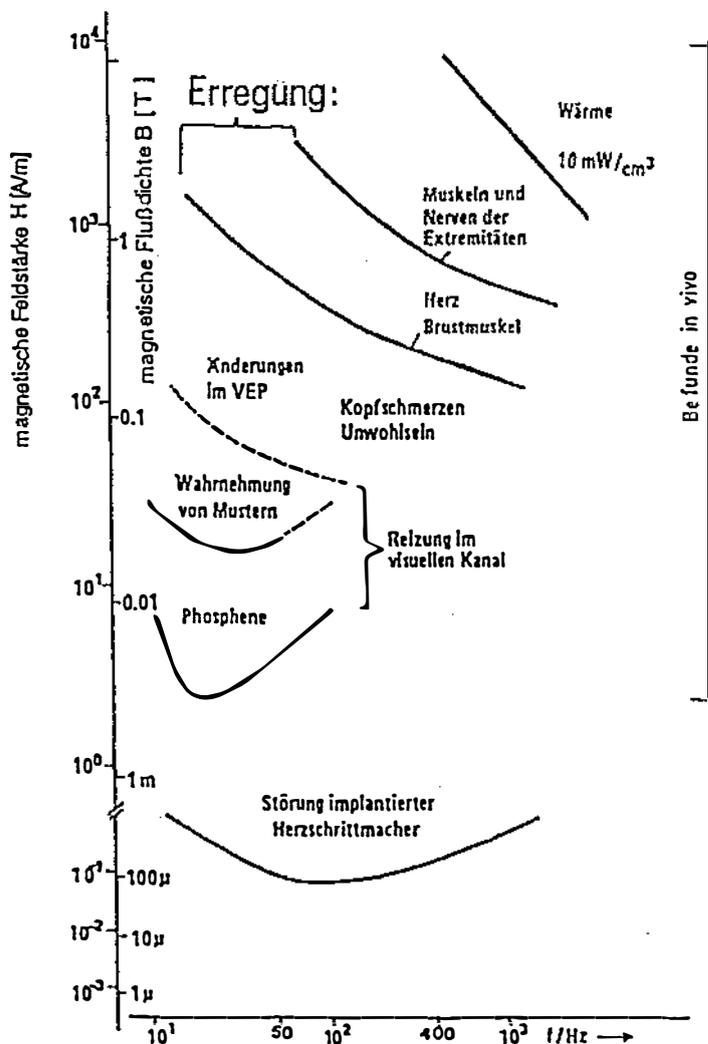


Abb. 2/3: Einflüsse magnetischer Wechselfelder auf den Organismus in Abhängigkeit von der Feldstärke bzw. Flussdichte und von der Frequenz des Magnetfeldes (SILNY 1993). Erklärung: VEP = visuell evoziertes Potenzial.

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 Umwelteinwirkungen 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 Umspann- 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 Nieder-

frequenzanlagen, 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 (μ T)
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.

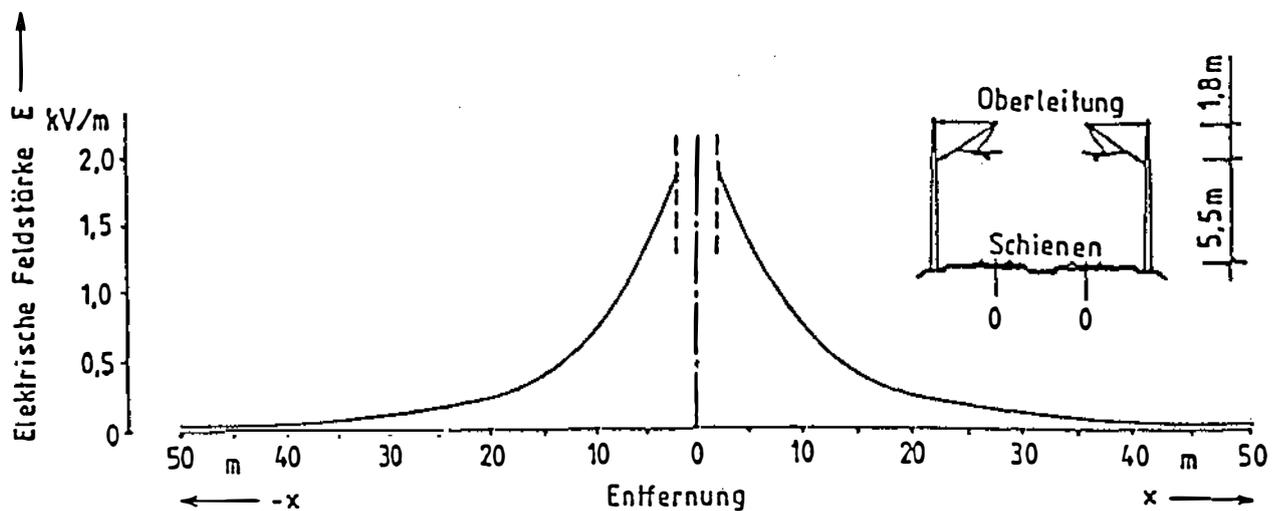


Abb. 2/4: Verlauf der maximalen elektrischen Feldstärke bei höchster Betriebsspannung im Bereich einer Bahnstrecke mit 15-kV-Wechselstrom-Oberleitung (Quelle: DIN VDE E 0228, Teil 6, 1992)

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 $16 \frac{2}{3}$ Hz erhalten den Strom über die Bahnüberleitung 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 $300 \mu\text{T}$ 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 $16 \frac{2}{3}$ 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. $1 \mu\text{T}$ 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 $0,5 \mu\text{T}$ 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 PFA 1.5 (Zuführung Feuerbach/Bad Cannstatt, S-Bahn-Anbindung) schließt in der Innenstadt von Stuttgart bei km -0.4-42 an den PFA 1.1 (Taldurchquerung) an und verbindet die Innenstadt von Stuttgart mit den Stadtteilen Feuerbach bzw. Bad Cannstatt. Zudem ist die S-Bahn-Anbindung des Hauptbahnhofes als Verbindung mit den Stadtteilen Feuerbach und Bad Cannstatt Bestandteil des PFA 1.5.

Gegenstand der Untersuchung sind Fernbahnstrecken in zwei- und eingleisigen Tunneln vom Hauptbahnhof Richtung Feuerbach bzw. Richtung Bad Cannstatt, die daran anschließenden oberirdischen Streckenabschnitte einschließlich der viergleisigen Neckarquerung in Richtung Bad Cannstatt sowie die S-Bahn-Anbindung.

Die Gleise werden mit einer Oberleitung 15 kV, 16 2/3 Hz ausgerüstet. In den Tunneln sind jeweils zwei Fahrdrähte, 2 x Ri 100 und ein Tragseil, 1 x Cu 95 mm² vorgesehen. Die Kettenwerke außerhalb der Tunnel haben einen Fahrdraht 1 x Ri 100 und ein Tragseil 1 x Bz 50 mm². Sie erhalten in Parallelschaltung Verstärkungsleitungen 1 x 240 mm² Al.

Im Bereich der S-Bahn-Haltestelle Mitnachtstraße und im Rosensteinpark ist jeweils eine Mittelspannungsstation zur Versorgung der Tunnelröhren mit Mittelspannungstrom vorgesehen, die durch ein Mittelspannungsnetz > 1 kV erfolgt.

Mit Ausnahme des Tunnelportalbereiches am Übergang zum PFA 1.1 (km -0.4-42 bis rd. km -0.6), des Streckenabschnittes der Zuführung Feuerbach (rd. km -3.3 bis zum Tunnelportal in Feuerbach) und des Streckenabschnittes der Zuführung Bad Cannstatt (rd. km -2.0 bis zum Tunnelportal im Rosensteinpark) weisen die Tunnelstrecken eine Überdeckung von mehr als 30 m auf. Hier ergibt sich ein geringes Konfliktpotential für elektrische und magnetische Felder. Die S-Bahn-Anbindung verläuft demgegenüber vergleichsweise oberflächennah und erreicht an keiner Stelle eine Überdeckung von mehr als 30 m.

Im Untersuchungsraum des PFA 1.5 sind im Bereich der im Tunnel geführten Trassen keine relevanten Vorbelastungen durch elektrische und magnetische Felder der Frequenz 16 2/3 Hz vorhanden, da es sich um Neubaustrecken handelt. Im Bereich der oberirdischen Streckenführung in Feuerbach und in Bad Cannstatt ergibt sich eine Vorbelastung der Frequenz 16 2/3 Hz durch die bestehenden Fernbahn- und S-Bahngleise.

Stromführende Anlagen der Frequenz 0 Hz (z. B. Stadtbahnen) oder 50 Hz (allgemeine Stromversorgung) spielen für die vorliegende Fragestellung eine untergeordnete Rolle und werden nicht betrachtet.

3.2 Prognose der von den Bahnoberleitungen ausgehenden Feldstärken

3.2.1 Elektrische Felder

Die Prognose der projektbedingten elektrischen Feldstärken basiert auf Berechnungen. Da das elektrische Feld durch Bauwerke, gleichgültig aus welchen Materialien, um den Faktor 15 bis 20 abgeschirmt wird, sind im Bereich der im Tunnel geführten Trassen keine Auswirkungen zu erwarten. Gegenstand der Untersuchung sind die oberirdisch verlaufenden Trassenabschnitte der Fernbahn im Bereich der Zuführung Feuerbach bzw. der Zuführung Bad Cannstatt, der S-Bahn-Anbindung Bad Cannstatt und der S-Bahn-Anbindung Feuerbach.

Die Prognoseberechnungen wurden vom Forschungs- und Technologiezentrum der DB AG exemplarisch für einen zweigleisigen Querschnitt durchgeführt. Da die Geometrie des elektrischen Feldes in erster Linie von dem jeweils äußeren mit einer Oberleitung überspannten Gleis bestimmt wird, können die Ergebnisse auch als Nachweis der elektrischen Feldstärke in der Umgebung der viergleisigen Zuführung Bad Cannstatt (Neckarbrücke) herangezogen werden (DB FTZ 1998a).

Die unter Annahme ungünstigster Betriebsbedingungen (worst case) in der Umgebung der oberirdischen Fern- bzw. S-Bahnstrecken zu erwartenden elektrischen Feldstärken sind in Anhang 1 dargestellt.

Die elektrische Feldstärke in der Umgebung der zweigleisigen Bahnstrecke beträgt unmittelbar unter der Oberleitung im Gleisbereich ca. 2 kV/m. Sie nimmt quadratisch mit der Entfernung ab. In rd. 6 m Abstand von der äußeren Schiene bzw. von der Oberleitung beträgt die elektrische Feldstärke 0,5 kV/m.

Die Werte der elektrischen Feldstärken im Nahbereich der oberirdischen mehrgleisigen Fernbahn- bzw. S-Bahnstrecken sind gering. Sie nehmen entfernungsabhängig rasch ab. Wälle und Pflanzen wirken feldschwächend, Gebäude sogar abschirmend (vgl. Kap. 2.1.1). Sie sind daher im Außenbereich bedeutungslos (DB FTZ 1998a).

Der Grenzwert der 26. BImSchV von 10 kV/m bei Dauerexposition wird bei weitem nicht erreicht.

3.2.2 Magnetfelder

Die Prognose der projektbedingten magnetischen Flussdichten basiert auf Berechnungen. Gegenstand der Untersuchung zum Magnetfeld sind sämtliche oberirdisch bzw. oberflächennah verlaufenden Fernbahn- und S-Bahnstrecken. Bei Führung der Trassen im Tunnel mit einer Überdeckung von mehr als 30 m sind Untersuchungen nicht erforderlich (vgl. Kap. 3.1).

Die Prognoseberechnungen der projektbedingten magnetischen Flussdichten wurden vom Forschungs- und Technologiezentrum der DB AG durchgeführt (DB FTZ 1998a, 1998b, 1998c). Die Berechnung der Magnetfelder erfolgte an fünf ausgesuchten Querschnitten unter der Annahme ungünstigster Betriebsbedingungen. Berechnet wurde eine zweigleisige oberirdische Fernbahnstrecke (vgl. Anhang 2), eine viergleisige oberirdische Fernbahn- und S-Bahnstrecke (vgl. Anhang 3), eine eingleisige Fernbahntunnelstrecke (vgl. Anhang 4a), eine zweigleisige Fernbahntunnelstrecke (vgl. Anhang 5) und eine zweigleisige S-Bahnstrecke im Tunnel (vgl. Anhang 6).

Durch additive Überlagerung der Magnetfeldisolinien der Abbildung im Anhang 4a kann das summarische Gesamtmagnetfeld in der Umgebung von zwei eingleisigen Fernbahntunnelstrecken ermittelt werden (vgl. Anhang 4b) (DB FTZ 1999).

Zur Ermittlung des Magnetfeldes im Bereich der zwei zweigleisigen Tunnelröhren, z.B. im Bereich der Unterfahung der IHK bei km -0.4-75 ist dieses Vorgehen aufgrund der Fahrtrichtung der Züge auf den einzelnen Gleisen nicht anzuwenden. So befindet sich unter dem IHK-Gebäude der Tunnel mit den beiden Ausfahr Gleisen aus dem Hauptbahnhof, in dem vergleichsweise hohe Anfahrströme zu erwarten sind. Im Gegensatz dazu können die Ströme im Einfahrtunnel vernachlässigt werden, da sich hier die Züge ausschließlich im Bremsbetrieb befinden und somit so gut wie keine Energie aufnehmen (DB FTZ 1998c). Das in Anhang 5 dargestellte Magnetfeld entspricht somit den vorgenannten Randbedingungen und kann auch für den Bereich der Unterfahung der IHK herangezogen werden.

Anhang 2 zeigt das Magnetfeld in der Umgebung einer zweigleisigen Fernbahnstrecke außerhalb des Tunnels und kann im vorliegenden Planfeststellungsabschnitt im Bereich der Zuführung Feuerbach nach Verlassen des Tunnels (rd. km -3.6) verwendet werden.

Als technische Randbedingungen wurden der Berechnung ein Oberleitungsstrom von 1100 A (2 x 550 A) und ein Rückstromanteil von 60 % zugrundegelegt. Unter der Annahme ungünstigster Betriebsbedingungen erreicht das Magnetfeld in einem Abstand von 10 m von der äußeren Schiene bzw. von der Oberleitung rd. 10 μ T und in einem Abstand von 55 m rd. 1 μ T.

Anhang 3 zeigt das Magnetfeld in der Umgebung einer viergleisigen Fernbahn- bzw. S-Bahnstrecke außerhalb des Tunnels und kann im vorliegenden Planfeststellungsabschnitt im Bereich der Zuführung Bad Cannstatt nach Verlassen der Tunnel sowie auf der Neckarbrücke verwendet werden.

Als technische Randbedingungen wurden der Berechnung ein Oberleitungsstrom von 2200 A (4 x 550 A) und ein Rückstromanteil von 60 % zugrundegelegt. Unter der Annahme ungünstigster Betriebsbedingungen erreicht das Magnetfeld in einem Abstand von 7 m von der äußeren Schiene bzw. von der Oberleitung rd. 20 μT und in einem Abstand von 60 m rd. 1 μT .

Anhang 4a zeigt das Magnetfeld in der Umgebung einer eingleisigen Fernbahntunnelstrecke mit Normalkorbbewehrung und bildet in erster Linie die Berechnungsgrundlage für weiterführende Betrachtungen, da eingleisige Tunnelröhren, die nicht durch weitere Strecken beeinflusst werden im vorliegenden Planfeststellungsabschnitt nicht geplant sind.

Anhang 4b zeigt das summarische Gesamtmagnetfeld in der Umgebung von zwei eingleisigen Tunnelröhren mit Normalkorbbewehrung die in einem horizontalen Abstand von 30 m verlaufen und kann im vorliegenden Planfeststellungsabschnitt für einen Großteil der im Tunnel geführten Strecken der Zuführung Feuerbach und der Zuführung Bad Cannstatt 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 Tunnelbewehrung zum Unterwerk zurückfließt. Unter der Annahme ungünstigster Betriebsbedingungen erreicht das Magnetfeld in einem Abstand von 10 m von der äußeren Schiene bzw. von der Oberleitung rd. 5 μT und in einem Abstand von 25 m rd. 1 μT .

Anhang 5 zeigt das Magnetfeld in der Umgebung einer zweigleisigen Fernbahntunnelstrecke mit Normalkorbbewehrung und kann im vorliegenden Planfeststellungsabschnitt, wie bereits erwähnt, für den Bereich im Übergang zum Planfeststellungsabschnitt 1.1 (km -0.4-42 bis rd. km -0.7) einschließlich der Unterfahrung der IHK (Jägerstraße 26) sowie für die Bereiche in denen die jeweils zwei eingleisigen Tunnelröhren sich stark annähern, bzw. zu einer zweigleisigen Tunnelröhre zusammengeführt werden, verwendet werden. Dies betrifft bei der Zuführung Feuerbach den Streckenabschnitt von rd. km -3.3 bis zum Tunnelportal in Feuerbach und bei der Zuführung Bad Cannstatt den Streckenabschnitt von der Rettungszufahrt Ehmannstraße (rd. km -3.3 bzw. km -3.2) bis zum Tunnelportal im Rosensteinpark.

Als technische Randbedingungen wurde ein Oberleitungsstrom von 2000 A (2 x 1000 A) und ein Rückstromanteil von 100 % zugrundegelegt, der zu 1/3 in den Schienen und zu 2/3 in der Tunnelbewehrung zum Unterwerk zurückfließt. Unter der Annahme ungünstigster Betriebsbedingungen erreicht das Magnetfeld in einem Abstand von 12 m von der äußeren Schiene bzw. von der Oberleitung rd. 5 μT , in einem Abstand von 30 m rd. 1 μT . In den untersten Stockwerken der IHK erreicht das Magnetfeld demnach z. T. mehr als 5 μT , in den obersten Stockwerken rd. 1 μT .

Anhang 6 zeigt das Magnetfeld in der Umgebung einer zweigleisigen S-Bahnstrecke im Tunnel und kann im vorliegenden Planfeststellungsabschnitt für die S-Bahnstrecke zwischen der Station Mitnachtstraße und dem Hauptbahnhof sowie für die S-Bahnstrecke von und nach Bad

Cannstatt (rd. km –3.0 bis zum Tunnelportal im Rosensteinpark) verwendet werden.

Unter der Annahme ungünstigster Betriebsbedingungen erreicht das Magnetfeld in einem Abstand von 11 m von der äußeren Schiene bzw. von der Oberleitung rd. 10 μT , in einem Abstand von 40 m rd. 1 μT .

Wie die Berechnungen und Darstellungen zeigen, wird in allen Anliegerbereichen, für die die 26. BImSchV maßgebend ist, der Grenzwert für Dauereexposition von 300 μT für die Bahnfrequenz von 16 2/3 Hz selbst unter ungünstigsten Betriebsbedingungen bei weitem nicht erreicht.

In der Umgebung der Trasse kann es zu 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. 17"-Monitore mit Kathodenstrahlröhre bei Führung der Fernbahntrassen in zwei eingleisigen Tunnelröhren in einem Abstand von bis zu 25 m von der äußeren Schiene bzw. der Oberleitung. Bei Führung der Fernbahntrassen in zweigleisigen Tunnelröhren beträgt dieser Abstand bis zu 30 m, bei zweigleisiger Führung der S-Bahntrassen im Tunnel bis zu 40 m, bei zweigleisiger oberirdischer Führung der Fernbahntrassen bis zu 55 m und bei viergleisiger oberirdischer Führung der Fernbahn- bzw. S-Bahntrassen bis zu 60 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

Die zwei Mittelspannungsstationen und das Mittelspannungsnetz > 1 kV werden als sonstige stromführende Anlagen gemeinsam betrachtet. 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 der Mittelspannungsstationen und des Mittelspannungsnetzes beträgt demnach 1 m.

In der Umgebung der zwei geplanten Mittelspannungsstationen und des Mittelspannungsnetzes kommt es nicht zum Aufenthalt von Menschen im Sinne der 26. BImSchV. Empfindliche Geräte sind ebenfalls nicht vorhanden. Berechnungen zu den von den Mittelspannungsstationen

und dem Mittelspannungsnetz ausgehenden elektrischen und magnetischen Feldern sind nicht erforderlich und wurden nicht durchgeführt.

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 Feuerbacher Tunnels und des Rosensteintunnels einschließlich der jeweiligen Rettungszufahrten sowie des Zwischenangriffs Pragtunnel 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 oder deren Nutzung 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. Bei Führung der Trassen im Tunnel wirken zudem die umgebenden Materialien stark abschirmend.

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

Anlagebedingte Emissionen von elektrischen und magnetischen Feldern der Mittelspannungsstationen bzw. des Mittelspannungsnetzes, die zu schädlichen Umweltauswirkungen auf die menschliche Gesundheit führen, sind nicht zu erwarten, da es im Einwirkungsbereich von 1 m um die 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 17"-Monitoren mit Kathodenstrahlröhre, sind unter der Annahme ungünstigster Betriebsbedingungen bei Führung der Fernbahntrassen in zwei eingleisigen Tunnelröhren in einem Abstand von bis zu 25 m von der äußeren Schiene bzw. der Oberleitung nicht auszuschließen. Bei Führung der Fernbahntrassen in zweigleisigen Tunnelröhren beträgt dieser Abstand bis zu 30 m, bei zweigleisiger Führung der S-Bahntrassen im Tunnel bis zu 40 m, bei zweigleisiger oberirdischer Führung der Fernbahntrassen bis zu 55 m und bei viergleisiger oberirdischer Führung der Fern- bzw. S-Bahntrassen bis zu 60 m. In Bereichen, in denen die Fernbahntrassen im Tunnel mit einer Überdeckung von mehr als 30 m verlaufen können Beeinträchtigungen z. B. von 17"-Monitoren mit Kathodenstrahlröhre ausgeschlossen werden.

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. Im Rahmen der Beweissicherung werden ggf. Messungen der Magnetfelder im Einzelfall durchgeführt und im Hinblick auf die derzeitige Nutzung beurteilt.

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 zu konzipieren und 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 oder medizinische Diagnosegeräte 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 störanfällig 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 von den Fernbahn- und S-Bahnstrecken sowie den sonstigen stromführenden Anlagen ausgehenden 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 Fernbahn- und S-Bahnstrecken sowie der sonstigen stromführenden Anlagen erfolgt anhand der Grenzwerte der 26. BImSchV.

Auswirkungen auf den Menschen durch von den Bahnoberleitungen ausgehende elektrische und magnetische Wechselfelder der Frequenz 16 2/3 Hz sind nicht zu erwarten, da die an ausgesuchten Querschnitten der Fernbahn- und S-Bahntrasse durchgeführten Berechnungen zeigen, dass auch unter der Annahme ungünstigster Betriebsbedingungen die Grenzwerte der 26. BImSchV bei weitem nicht erreicht werden.

Auswirkungen auf den Menschen durch von den Mittelspannungsstationen bzw. von dem Mittelspannungsnetz ausgehende elektrische und magnetische Wechselfelder der Frequenz 50 Hz sind nicht zu erwarten, da es im Einwirkungsbereich der Anlagen nicht zu einem Aufenthalt von Menschen im Sinne der 26. BImSchV kommt.

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 μ T 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 17"-Monitoren mit Kathodenstrahlröhre, sind unter der Annahme ungünstigster Betriebsbedingungen bei Führung der Fernbahntrassen in zwei eingleisigen Tunnelröhren in einem Abstand von bis zu 25 m von der äußeren Schiene bzw. der Oberleitung nicht auszuschließen. Bei Führung der Fernbahntrassen in zweigleisigen Tunnelröhren beträgt der Abstand bis zu 30 m, bei zweigleisiger Führung der S-Bahntrassen im Tunnel bis zu 40 m, bei zweigleisiger oberirdischer Führung der Fern-

bahntrassen bis zu 55 m und bei viergleisiger oberirdischer Führung der Fernbahn- bzw. S-Bahntrassen bis zu 60 m. In Bereichen, in denen die Fernbahntrassen im Tunnel mit einer Überdeckung von mehr als 30 m verlaufen, können Beeinträchtigungen von 17"-Monitoren mit Kathodenstrahlröhre ausgeschlossen werden.

Beeinflussungen von empfindlichen Labor- oder Diagnosegeräten sind auch in größerem Abstand im Einzelfall nicht auszuschließen. Dies ist abhängig von der Störanfälligkeit dieser Geräte.

Um Beeinflussungen von empfindlichen Geräten zu erfassen, werden im Einzelfall weitere Untersuchungen im Rahmen einer Beweissicherung durchgeführt. Maßnahmen zur Kompensation sind dann im Einzelfall festzulegen und durchzuführen bzw. zu regeln.

Betriebsbedingte Emissionen von magnetischen Wechselfeldern der Mittelspannungsstationen und des Mittelspannungsnetzes, die zu Störungen von empfindlichen Geräten oder deren Nutzung führen, sind nicht zu erwarten, da im Einwirkungsbereich der Anlagen keine empfindlichen Geräte 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).

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.

AEG – ALLGEMEINES EISENBAHNGESETZ (1993):
Vom 27. Dezember 1993, BGBl. I, S. 2396.

BImSchG - Bundes-Immissionsschutzgesetz (1990): Gesetz vor schädlichen Umwelteinwirkungen durch Luftverunreinigungen, Geräusche, Erschütterungen und ähnliche Vorgänge. BGBl. I S. 880.

BRÜGGEMEYER, H. (1993):
Elektrosmog - Auswirkungen von elektromagnetischen Feldern auf Menschen. Niedersächsisches Umweltministerium.

BUNDESMINISTERIUM DER JUSTIZ (1995):
Bekanntmachung einer Empfehlung der Stahlschutzkommission (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.

BSchwAG – BUNDESSCHIENENWEGEAUSBAUGESETZ (1993):
Gesetz über den Ausbau der Schienenwege des Bundes vom 15. November 1993, Bundesgesetzblatt, Teil I, Seite 1874-1876.

BVWP – BUNDESVERKEHRSWEGEPLAN (1992):
Schienennetz der DB/DR. Beschluss der Bundesregierung vom 15. Juli 1992.

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 1.5 Zuführung Feuerbach/Bad Cannstatt, S-Bahn. Berechnung der magnetischen Felder. München.

DB FTZ - Deutsche Bahn Forschungs- und Technologie-Zentrum (1998b):
Projekt Stuttgart 21; PFA 1.5; Nachweis des magnetischen Feldes an drei Querschnitten. München.

DB FTZ - Deutsche Bahn Forschungs- und Technologie-Zentrum (1998c):
Projekt Stuttgart 21; PFA 1.5; Nachweis des magnetischen Feldes; Unser Schreiben gl. Z. vom 22.7.1998. München.

DB FTZ - Deutsche Bahn Forschungs- und Technologie-Zentrum (1999):
Projekt Stuttgart 21, PFA 1.2 Fildertunnel; elektrische und magnetische Felder. Nachweis der Grenzwerteinhaltung gem. 26. BImSchV bzw. Aussagen zur Beeinflussungswahrscheinlichkeit von Monitoren. 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.

MINISTERIUM FÜR UMWELT UND VERKEHR BADEN-WÜRTTEMBERG (1999):
Erlass des Ministeriums für Umwelt und Verkehr bzgl. Hinweise zur Durchführung der Verordnung über elektromagnetische Felder; 26. BImSchV. Vom Dezember 1998 - Az.: 43-8820.20/26.VO/30 -. GABl. vom 31. März 1999.

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. Ecomed. Landsberg.

UVPG (1990):

Gesetz über die Umweltverträglichkeitsprüfung vom 12. Februar 1990, BGBl. S. 205 zuletzt geändert durch Artikel 1 des Gesetzes vom 27. Juli 2001, BGBl. I 1950.

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 Wir- belströme hängen bezüglich der Stromdichte in komplexer Weise von den elektrischen Eigenschaften des Materials und der Feldbeschaffen- heit ab.

Dauerexposition

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

EEG (Elektroenzephalographie)

Medizinisches Diagnoseverfahren, das Spannungsschwankungen, her- vorgerufen durch die elektrische Tätigkeit des Gehirns, registriert.

Einwirkungsbereich

Der Einwirkungsbereich einer Niederfrequenzanlage beschreibt den Be- reich, in dem die Anlage einen sich signifikant von der Hintergrundbelas- tung abhebenden Immissionsbeitrag verursacht, unabhängig davon, ob die Immission tatsächlich schädliche Umweltauswirkungen auslöst.

EKG (Elektrokardiographie)

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

Elektrisches Feld

Ein elektrisches Feld entsteht überall dort, wo aufgrund getrennter La- dungsträger 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 Er- schütterungen von einer Quelle in ein Medium.

Farraday'scher Käfig

Abschirmung äußerer elektromagnetischer Felder durch metallische Git- ter 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 „Phase“, 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.

LCD (Liquid Cristal Display)

Die Flüssigkristallanzeige wird bei Flachbildschirmen eingesetzt. Diese speziellen Monitore arbeiten nicht nach dem Prinzip der Kathodenstrahl-Bildröhre. Sie sind nicht durch Magnetfelder beeinflussbar.

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.

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.

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-Fernbahnstrecke mit Oberleitung, 15 kV
- Anhang 2: Magnetische Induktion in der Umgebung einer zweigleisigen Wechselstrom-Fernbahnstrecke mit Oberleitung, 15 kV
- Anhang 3: Magnetische Induktion in der Umgebung einer viergleisigen Wechselstrom-Fern- und -S-Bahnstrecke mit Oberleitung, 15 kV
- Anhang 4a: Magnetische Induktion in der Umgebung einer eingleisigen Wechselstrom-Fernbahntunnelstrecke mit Oberleitung, 15 kV
- Anhang 4b: Magnetische Induktion in der Umgebung von zwei eingleisigen Wechselstrom-Fernbahntunnelstrecken mit Oberleitung, 15 kV
Graphische Überlagerung der Isolinien
- Anhang 5: Magnetische Induktion in der Umgebung einer zweigleisigen Wechselstrom-Fernbahntunnelstrecke mit Oberleitung, 15 kV
- Anhang 6: Magnetische Induktion in der Umgebung einer zweigleisigen Wechselstrom-S-Bahntunnelstrecke mit Oberleitung, 15 kV

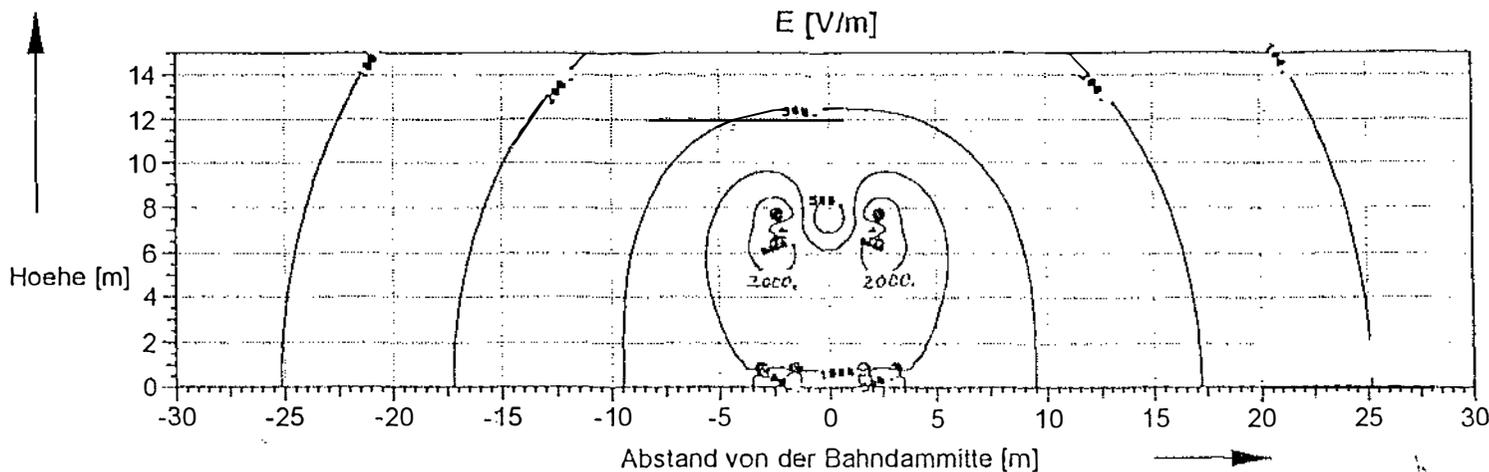
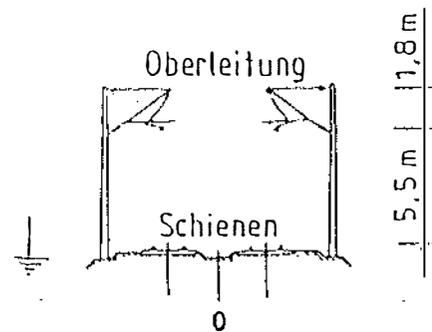
Anhang 1:

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

Deutsche Bahn, FTZ, BT 412

Beeinflussung durch Wechselstrombahnen

Modellberechnung zum Nachweis gemäß 26. BImSchV



Elektrische Feldstaerke in der Umgebung der Anlage

Zweigleisige Wechselstrom-Bahnstrecke mit Oberleitung, 15 kV (U_B max=17,25 kV)

Angerer/Wiesner

EMF 1.03

E-F15KV 05.06.1998

C:\EMF\ZBT412W113

Anhang 1:

Anhang 2:

Magnetische Induktion in der Umgebung einer zweigleisigen Wechselstrom-
Fernbahnstrecke mit Oberleitung, 15 kV

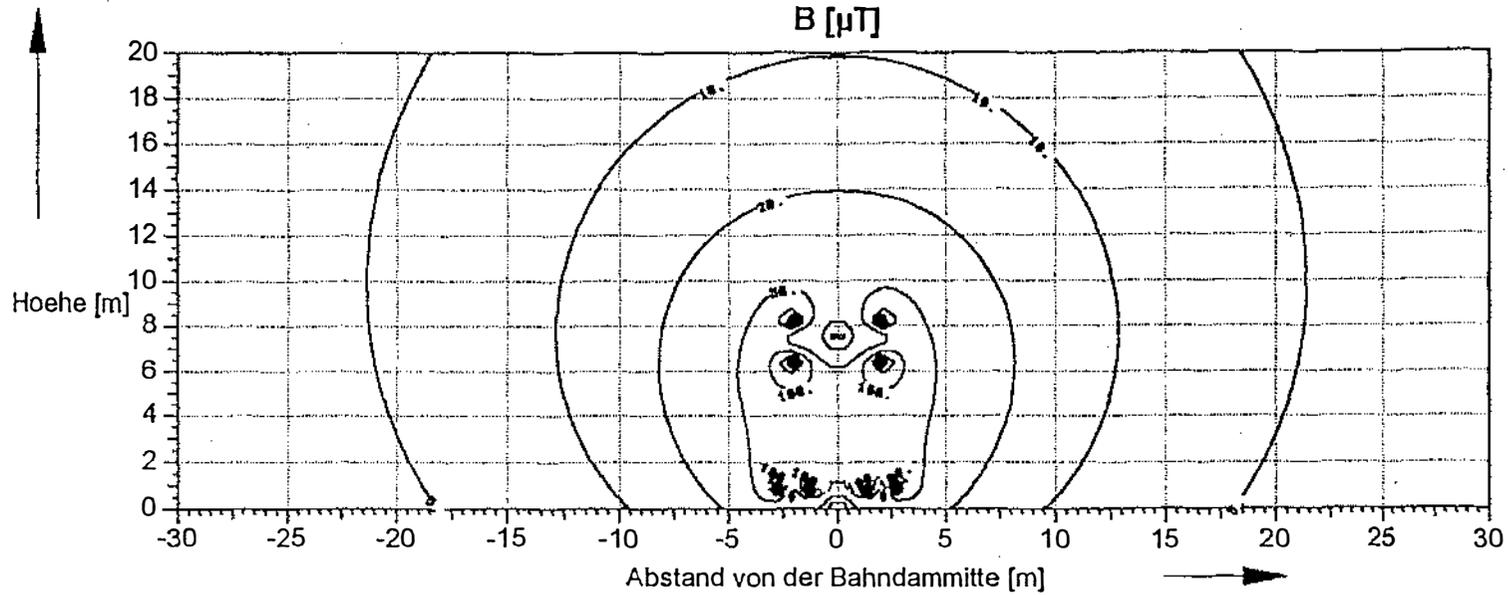
Deutsche Bahn AG, FTZ, BT 412

Beeinflussung durch Wechselstrombahnen

Modellberechnung zum Nachweis gemäß 26. BImSchV

REFINE 9.026

Copyright (C) SIEMENS AG 1997 All Rights Reserved.



Magnetische Induktion in der Umgebung der Anlage

Wechselstrom-Bahnstrecke, 2-gleisig

OL Re 200, $I_o=1100$ A, $I_s=660$ A = 60%

M. Angerer/R. Wiesner

EMF 1.03

2GL 09.12.1997

C:\EMF\OL

Anhang 2:

Anhang 3:

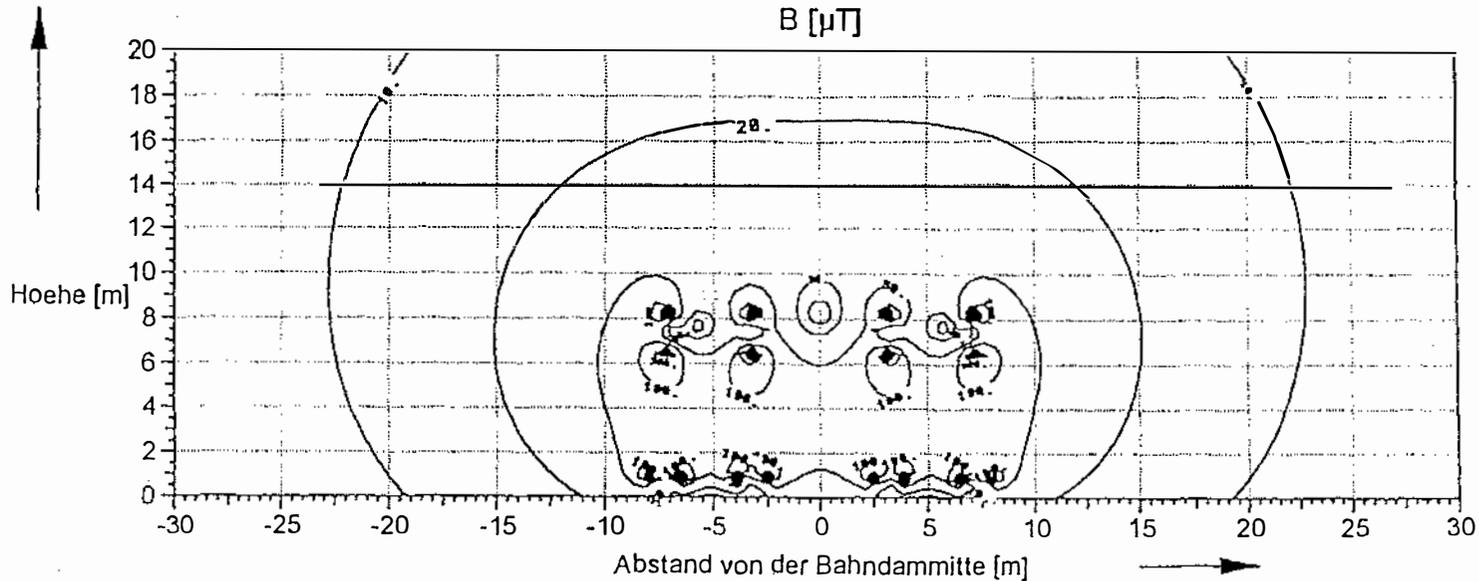
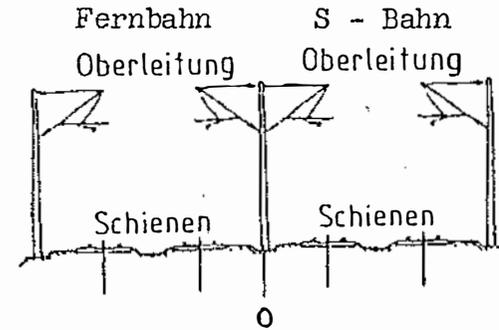
Magnetische Induktion in der Umgebung einer viergleisigen Wechselstrom-
Fern- und -S-Bahnstrecke mit Oberleitung, 15 kV

Deutsche Bahn, FTZ, BT 412

Beeinflussung durch Wechselstrombahnen

Modellberechnung zum Nachweis gemäß 26. BImSchV

Projekt Stuttgart 21, neue Cannstatter Brücke
Bereich Schönestraße



Copyright (C) SIEMENS AG 1998 All Rights Reserved.

Magnetische Induktion in der Umgebung der Anlage

Wechselstrom-Bahnstrecke, 4-gleisig

OL Re 200, $I_o=2200$ A, $I_s=1320$ A = 60%
max.

M. Angerer/R. Wiesner

EMF 1.03

4GLOHVL 22.04.1998

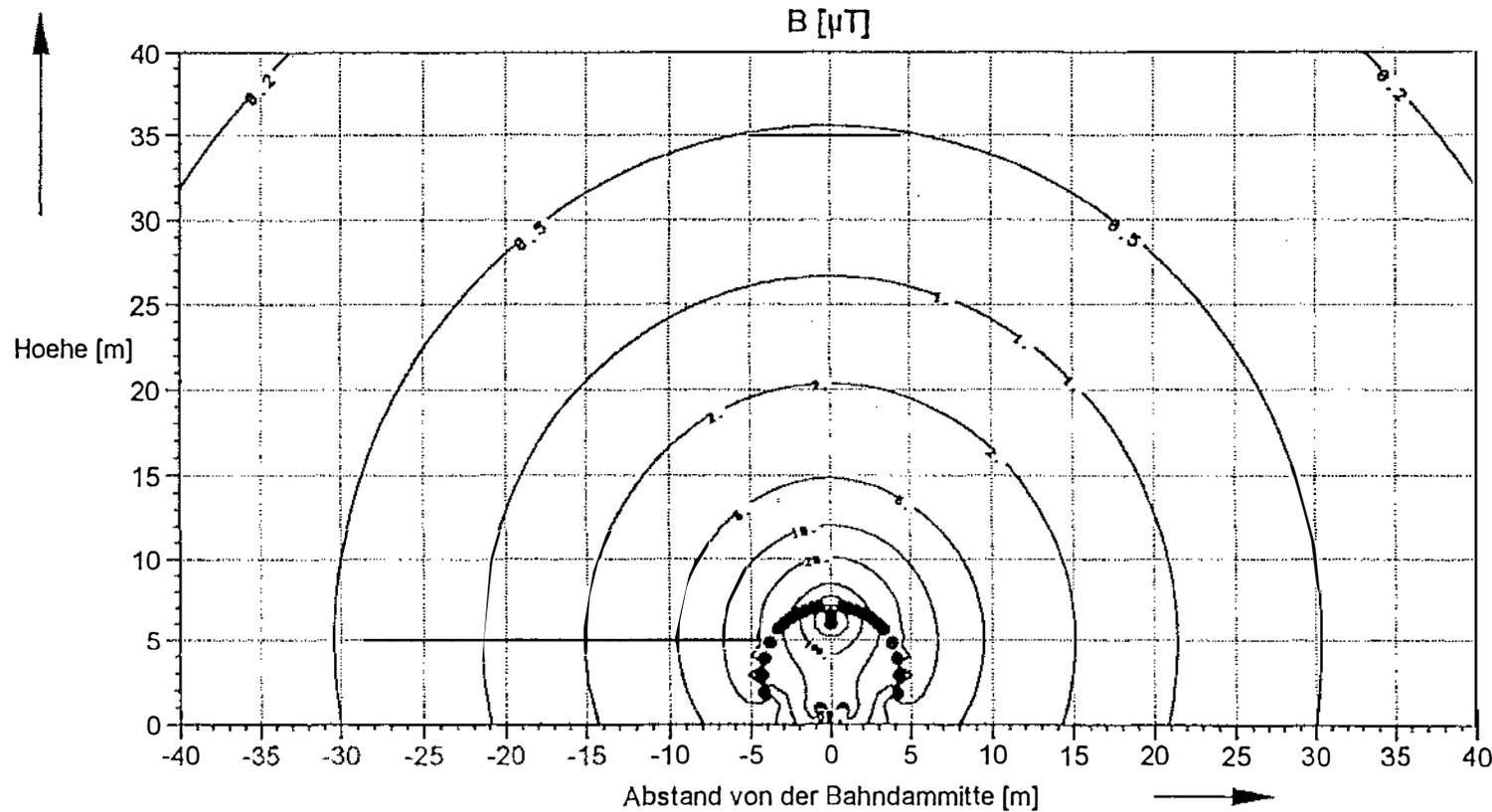
CAEMFV0L

Anhang 3:

Anhang 4a:

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

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 4a:

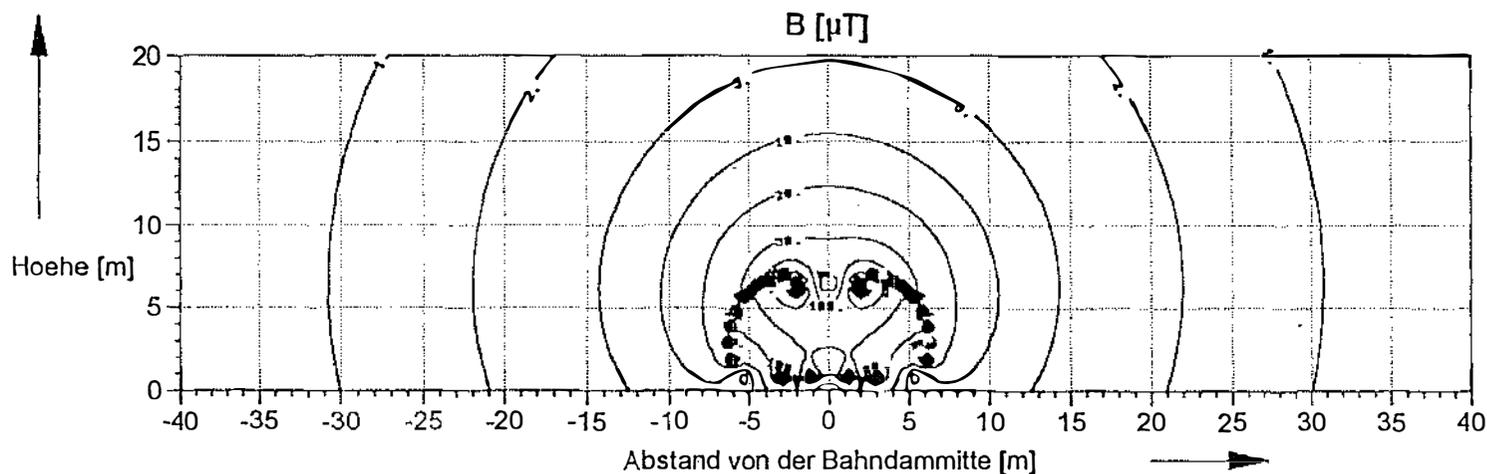
Anhang 4b:

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

Anhang 5:

Magnetische Induktion in der Umgebung einer zweigleisigen Wechselstrom-
Fernbahntunnelstrecke mit Oberleitung, 15 kV

Modellberechnung zum Nachweis gemäß 26. BImSchV



Magnetische Induktion in der Umgebung der Anlage
2-gleisige Tunnelstrecke mit OL 2xRi 100+Cu 95
Summe $I_o=2000$ A, $I_s=680$ A, $I_{Bew}=1320$ A (Normalkorb)

M. Angerer/R. Wiesner
EMF 1.03
2GLTUOS6 22.07.1998
C:\EMF\OL

Anhang 5:

REFINE 9.026

Copyright (C) SIEMENS AG 1998 All Rights Reserved.

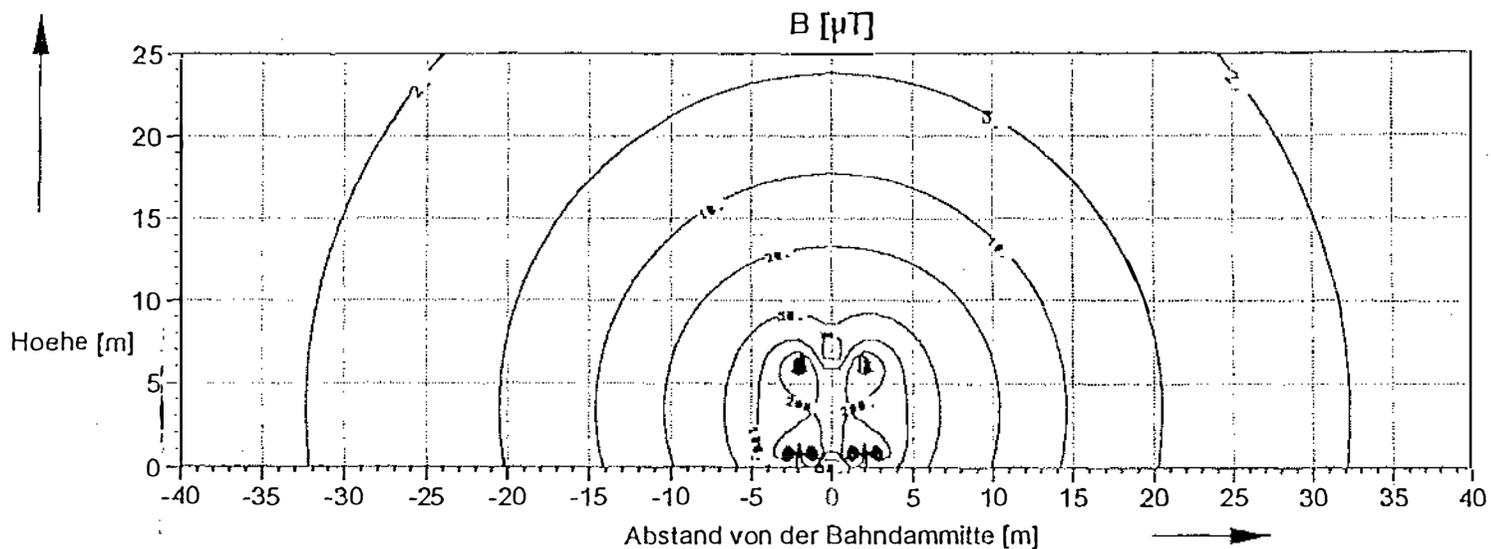
Anhang 6:

Magnetische Induktion in der Umgebung einer zweigleisigen Wechselstrom-
S-Bahntunnelstrecke mit Oberleitung, 15 kV

Deutsche Bahn, FTZ, BT 412

Beeinflussung durch Wechselstrombahnen

Nachweis 26. BlmSchV/Monitorbeeinflussung



Magnetische Induktion in der Umgebung der Anlage
 16 2/3-Hz-S-Bahn-Tunnel (ET 420)
 OL 2 x Ri 100 + Cu 95 (worst-case-Betriebsbedingungen)

M. Angerer/R. Wiesner
 EMF 1.03
 2GLSBTU 05.05.1998
 C:\EMF\OL

Anhang 6: