



DBProjekt
Stuttgart 21

1. Änderungsverfahren

Planfeststellungsunterlagen

Umgestaltung des Bahnknotens Stuttgart

**Ausbau- und Neubaustrecke Stuttgart - Augsburg
Bereich Stuttgart - Wendlingen mit Flughafenbindung**

Abschnitt 1.2

Fildertunnel

Bau-km +0.4 +32.0 bis +10.0 +30.0

Planfestgestellt gemäß § 18 Abs. 1 AEG
durch Beschluss

vom 19. Aug. 2005

Az.: 59160 PAP-PS21-PFA T. 2

Eisenbahn-Bundesamt
Ast. Karlsruhe/Stuttgart

Im Auftrag *Kaufmann*



Anlage 22: Elektrische und magnetische Felder

22.1 Erläuterungsbericht

DBProjekt GmbH
Stuttgart 21
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 1.2 Fildertunnel
1. Änderungsverfahren

Anlage 22.1

Elektrische und magnetische Felder

Erläuterungsbericht

Nur zur Information

Vorhabensträger:

Deutsche Bahn AG,
vertreten durch
DBProjektBau GmbH
NL Südwest Projektzentrum Stuttgart 21
Wolframstraße 20
70191 Stuttgart

Bearbeitung:

UMWELT- UND LANDSCHAFTSPLANUNG
DR. SCHLIEBE, DR. SCHMIDT & DR. BOHMANN GBR
Oberdorfstr. 12 Langgasse 3
91747 Westheim 86650 Wemding

in Kooperation mit

ARGE Wasser ♦ Umwelt ♦ Geotechnik
Oberdorfstraße 12
91747 Westheim
und
Heilbronner Str. 81
70191 Stuttgart

Anlage 22.1: Elektrische und magnetische Felder

Erläuterungsbericht

Inhaltsverzeichnis

| | Seite |
|--|-----------|
| 1 Vorbemerkungen | 1 |
| 1.1 Ausgangslage und Vorhaben | 1 |
| 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 | 7 |
| 2.2 Gesetzliche Vorgaben | 9 |
| 2.3 Berechnungsverfahren | 11 |
| 2.4 Allgemeine Projektwirkungen | 11 |
| 3 Elektrische und magnetische Felder im Untersuchungsraum | 13 |
| 3.1 Untersuchungsraum | 13 |
| 3.2 Prognose der von den Bahnüberleitungen ausgehenden Feldstärken | 14 |
| 3.2.1 Elektrische Felder | 14 |
| 3.2.2 Magnetfelder | 14 |
| 3.3 Prognose der von der Übergabestation ausgehenden Feldstärken | 16 |
| 3.3.1 Elektrische Felder | 16 |
| 3.3.2 Magnetfelder | 16 |

| | Seite |
|---|-------|
| 4 Beeinträchtigungen durch projektbedingte Eingriffe | 17 |
| 4.1 Baubedingte Beeinträchtigungen | 17 |
| 4.2 Anlagebedingte Beeinträchtigungen | 17 |
| 4.3 Betriebsbedingte Beeinträchtigungen | 17 |
| 5 Möglichkeiten zur Vermeidung und Verminderung projektbedingter Umweltauswirkungen | 19 |
| 6 Zusammenfassung | 20 |
| 7 Literatur und verwendete Unterlagen | 21 |
| 8 Glossar | 23 |
| | |
| 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 zweigleisigen Wechselstrom-Tunnelstrecke mit Oberleitung, 15 kV | A/4 |
| Anhang 2b: Magnetische Induktion in der Umgebung von zwei zweigleisigen Wechselstrom-Tunnelstrecken mit Oberleitung, 15 kV Graphische Überlagerung der Isolinien | A/6 |
| Anhang 3a: Magnetische Induktion in der Umgebung einer eingleisigen Wechselstrom-Tunnelstrecke mit Oberleitung, 15 kV | A/8 |
| Anhang 3b: Magnetische Induktion in der Umgebung von zwei eingleisigen Wechselstrom-Tunnelstrecken mit Oberleitung, 15 kV Graphische Überlagerung der Isolinien | A/10 |
| Anhang 4: Magnetische Induktion in der Umgebung einer zweigleisigen Wechselstrom-Bahnstrecke mit Oberleitung, 15 kV | A/12 |

1 Vorbemerkungen

1.1 Ausgangslage und Vorhaben

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 in 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 Immissionschutz gemacht.

Die Ergebnisse des Vorprojektes wurden im November 1995 mit dem Synergiekonzept Stuttgart 21 vorgestellt.

Das Projekt Stuttgart 21 wird derzeit in 6,7 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, Wartungsbahnhof,
- PFA 1.6b Abstellbahnhof Untertürkheim.

Gegenstand der vorliegenden Unterlagen ist der PFA 1.2 (Fildertunnel) von km 0.4+32 bis km 10.0+30 als Verbindung zwischen der Innenstadt von Stuttgart und den Fildern.

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 Beschreibung und die Darstellung der berechneten elektrischen Feldstärken und magnetischen Flussdichten im Bereich der Fernbahngleise erfolgt in Anlehnung an die 26. BImSchV. Sie wurden vom Forschungs- und Technologiezentrum der Deutschen Bahn AG in München für drei Querschnitte exemplarisch berechnet.

Berechnungen zu elektrischen Feldstärken der Fernbahn im Fildertunnel sind nicht erforderlich, da elektrische Felder durch Materialien und Gebäude gut abgeschirmt werden und relevante Auswirkungen auf die Gesundheit von Menschen in ihrem Wohnbereich 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 der 26. BImSchV 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 und Nutzungen nicht ausgeschlossen

sen werden können, wird auf Grundlage der genannten Berechnungen abgegrenzt.

In dem vorliegenden Erläuterungsbericht werden die Auswirkungen des Vorhabens auf den Menschen sowie auf sonstige Sachgüter entsprechend der oben ausgeführten Vorgehensweise erfasst, beschrieben und bewertet. Die Ergebnisse des Erläuterungsberichtes bilden die Grundlage für die Betrachtungen im Rahmen der Umweltverträglichkeitsstudie zur Planfeststellung.

2 Grundlagen zur Untersuchung niederfrequenter elektrischer und magnetischer Felder

2.1 Physikalische Grundlagen und Erläuterungen

Für den Menschen sind im Wohn- und Freizeitbereich die Wirkungen niederfrequenter elektrischer und magnetischer Felder bedeutsam.

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 zu Fachbegriffen in Kap. 8).

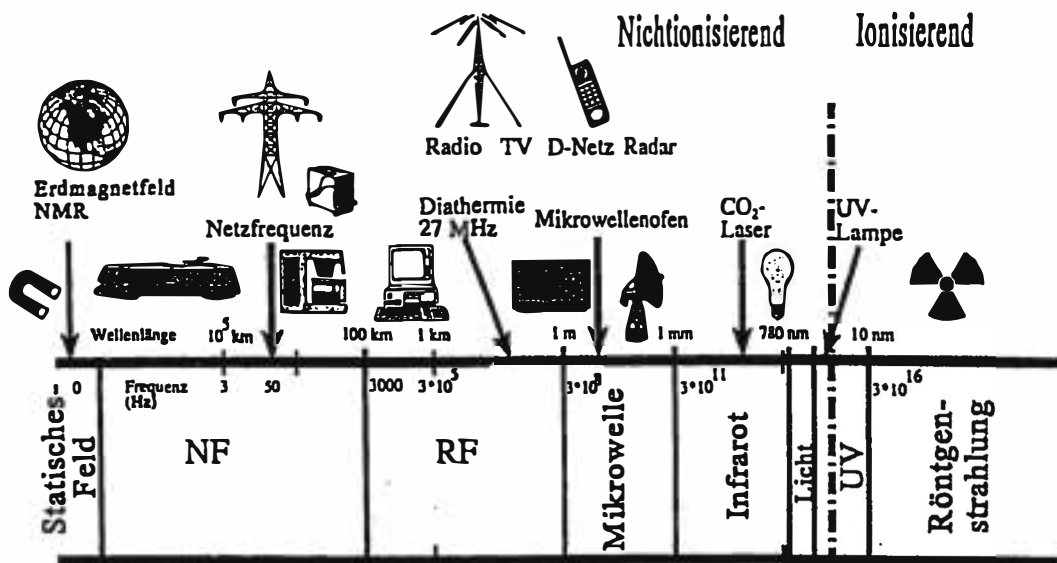


Abb. 2/1: Elektromagnetisches Spektrum (Quelle: BRÜGGEMEYER 1993)

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 hat sich der im amerikanischen Sprachgebrauch ausgeprägte Begriff "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 haben große Wellenlängen zu Folge. 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 von einander unabhängige Größen, mit jeweils spezifischen Wechselwirkungen mit Materie, 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).

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

Bei der Bahnstromversorgung der Deutschen Bahn AG treten elektrische Wechselfelder der Frequenz $16 \frac{2}{3}$ Hz auf. Es handelt sich hierbei um sogenannte Sub ELF (extremely low frequency) Felder, die von 0 Hz bis 30 Hz reichen.

Die Sub ELF-Wechselfelder sind an die Entstehungsquelle gebunden. Sie nehmen mit zunehmender Entfernung von dieser ab. Die Abnahme der Intensität der Feldstärke von Oberleitungen ist in Abbildung 2/2 dargestellt.

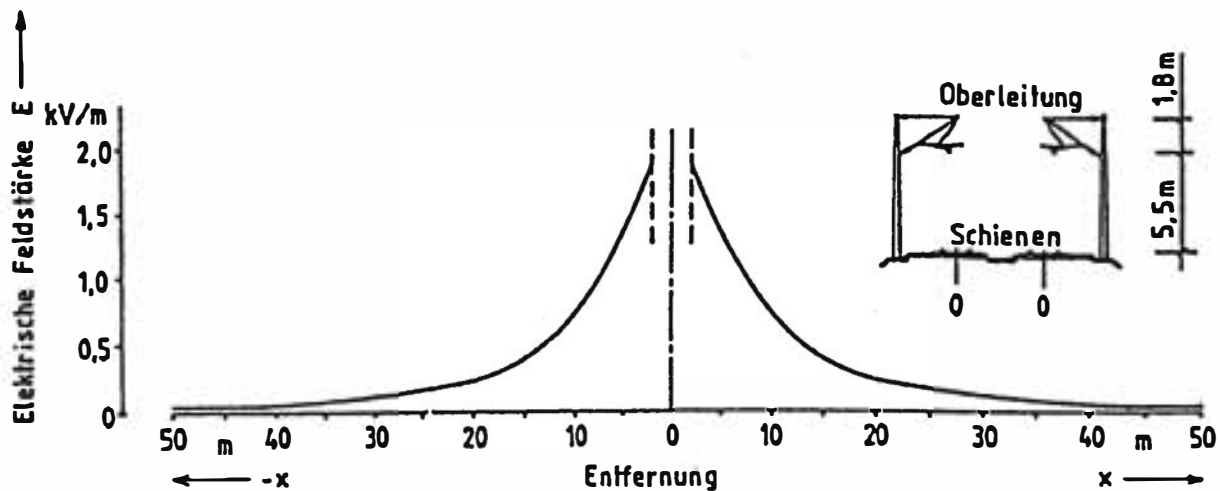


Abb. 2/2: Verlauf der maximalen elektrischen Feldstärke bei höchster Betriebsspannung im Bereich einer Bahnstrecke mit 15-kV-Wechselstrom-Oberleitung (Quelle: DIN VDE E 0228, Teil 6, 1992).

Auswirkungen auf den Menschen

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 auf dem Kopf eine 10- bis 14-fache Feldstärkenüberhöhung (vgl. Abb. 2/3).

Der Strom des Wechselfeldes in der Luft tritt vor allem in den oberen Körperbereichen (Kopf- und Brustbereich) ein und fließt anschließend durch die niederohmigen Blutbahnen und Körperflüssigkeiten zur Erde ab.

Abbildung 2/3 zeigt die elektrische Randfeldstärke am menschlichen Körper. Eine starke Feldüberhöhung liegt im Kopfbereich vor. Den elektrischen Feldlinien entsprechen im Wechselfeld der Körperumgebung elektrische Verschiebungsströme, die im Wesentlichen über die Körperoberfläche als galvanische Ströme zur Erde abfließen.

Auswirkungen auf empfindliche Geräte

Da die Feldstärke elektrischer Wechselfelder sowohl mit dem Abstand zur Bahnüberleitung stark abnimmt (vgl. Abb. 2/2) als auch durch Materialien sowie die Tunnelarmierung stark abgeschirmt wird, spielen die elektrischen Felder hinsichtlich der Beeinflussung von empfindlichen Geräten keine erhebliche Rolle.

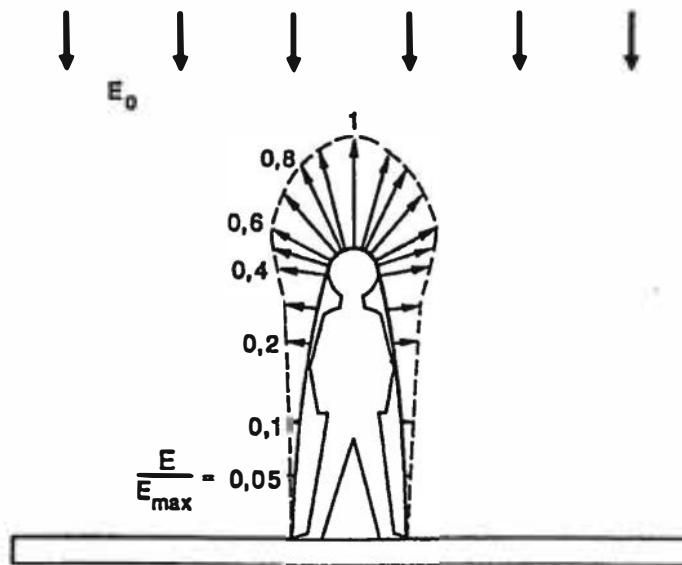


Abb. 2/3: Verteilung der Randfeldstärke E , bezogen auf die Maximalfeldstärke E_{\max} längs der Kontur eines menschenähnlichen Körpers im homogenen Feld E_0 (DAVID et al. 1990)

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.

Auswirkungen auf den Menschen

Unter magnetischem Fluss wird die Anzahl der durch eine Fläche hindurchtretenden magnetischen Feldlinien verstanden. Beim magnetischen Wechselfeld werden durch die zeitliche Änderung des magnetischen Flusses im menschlichen Körper elektrische Ströme induziert, die in geschlossenen Strombahnen verlaufen und als Wirbelströme bezeichnet werden. Die Wirbelströme sind um so größer, je rascher die zeitliche Flussänderung erfolgt und diese nehmen daher mit steigender Frequenz zu. Darüber hinaus sind die Wirbelströme auch vom Verlauf der zeitlichen Änderung abhängig. Grundsätzlich haben die induzierten Wirbelströme ihrerseits ein Magnetfeld zur Folge, das dem äußeren Feld entgegenwirkt, wobei diese Rückwirkung bei biologischen Objekten vernachlässigbar ist.

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.

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. 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 2/4 (SILNY 1993).

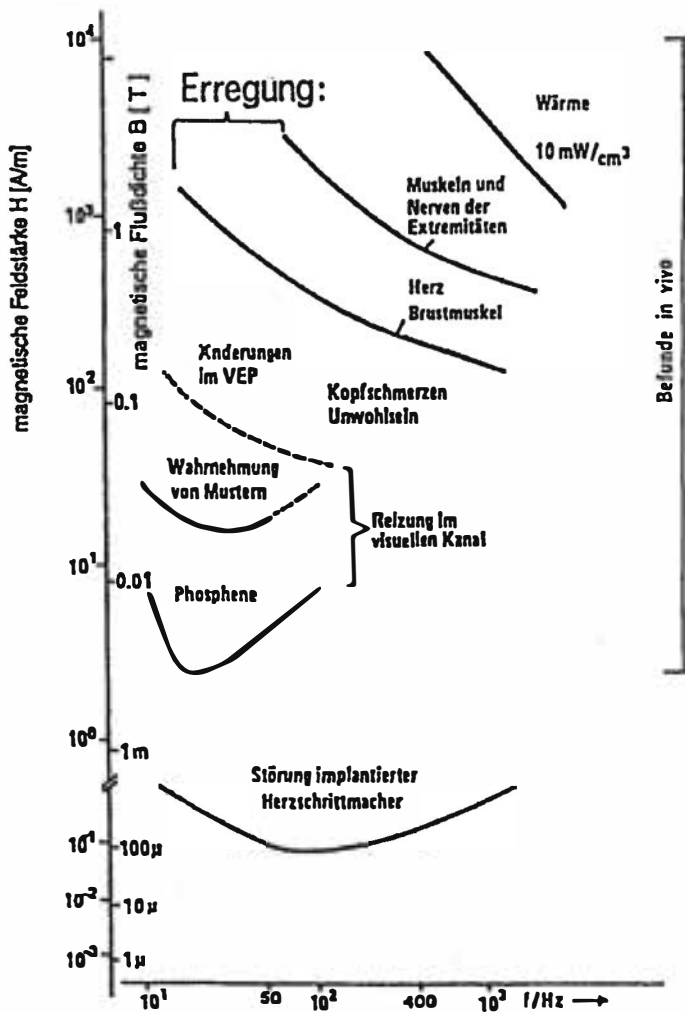


Abb. 2/4: Einflüsse magnetischer Wechselfelder auf den Organismus in Abhängigkeit von der Feldstärke bzw. Flussdichte und von der Frequenz des Magnetfeldes (SILNY 1993). Erklärung: VEP = visuell evoziertes Potenzial.

Bei einigen Zelluntersuchungen von Tieren und Pflanzen 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 auf elektrisch aktive Implantate

Definitionsgemäß versteht man unter einem 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 (EN 50061 A1), definiert die Empfindlichkeitsschwelle der Herzschrittmacher höher, bringt damit beachtliche Verbesserungen gegenüber elektromagnetischen Feldern mit sich und muss ab 1998 von Herstellern von Herzschrittmachern beachtet werden.

Auswirkungen auf empfindliche Geräte

Bei magnetischen Wechselfeldern der Frequenz 16 2/3 Hz stehen Beeinflussungen von Monitoren mit Kathodenstrahlröhren im Vordergrund. Die Beeinflussung führt zu einem Bildschirmflimmern, das i.d.R. vom Rand her beginnt und bei 17-Zoll-Monitoren bei 1,0 μT auftreten kann.

Dies entspricht auch den Angaben im Entwurf DIN VDE 0228 Teil 6, in dem als Grenzwert für die Wahnehbarkeit der Beeinflussung bei einem rotierenden Magnetfeld etwa 0,5 μT angegeben wird, da z. B. bei Textverarbeitung dieser Grenzwert verdoppelt werden kann. Auch medizinische und wissenschaftliche Geräte wie Elektrokardiographie- und Elektroenzephalographiegeräte sowie Rasterelektronenmikroskope und Massenspektrometer können durch magnetische Wechselfelder beeinflusst werden.

2.2 Gesetzliche Vorgaben

Der Bau und Betrieb von Bahnanlagen kann zu Umweltauswirkungen infolge elektrischer und magnetischer Strahlen auf Menschen sowie bauliche Anlagen und deren Einrichtungen und Nutzungen führen. Zur Durchführung des § 23 Abs. 1 des Bundes-Immissionsschutzgesetzes (BImSchG 1990) wurde für Wechselstromanlagen die 26. Verordnung zur Durchführung des BImSchG (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.

Sie enthält Anforderungen zum Schutz der Allgemeinheit und der Nachbarschaft vor schädlichen Umweltwirkungen und zur Vorsorge gegen schädliche Umweltauswirkungen durch elektromagnetische Felder. Die Verordnung berücksichtigt nicht die 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 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 (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.

2.3 Berechnungsverfahren

Unter Berücksichtigung der nachfolgend näher aufgeführten Bedingungen des Betriebsprogramms wurde, bezogen auf den am jeweiligen Betrachtungspunkt möglichen, maximalen, kurzzeitigen Betriebsstrom (abhängig von Zahl und Art der eingesetzten Fahrzeuge und der streckenspezifischen Höchstgeschwindigkeit) das magnetische Feld entsprechend § 5 der 26. BImSchV vom Forschungs- und Technologiezentrum der DB AG berechnet. Die Ergebnisse sind Isolinien-Diagramme, aus denen sich Näherungen ablesen lassen (vgl. Kap. 3.3).

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

2.4 Allgemeine Projektwirkungen

Die allgemeinen Projektwirkungen in bezug auf die menschliche Gesundheit wurden in den Kapiteln 2.1.1 und 2.1.2 dargestellt und erläutert. Verkehrsbahnen der Deutschen Bahn AG verursachen elektromagnetische Felder, die zu Störungen an Geräten, die auf diese Felder empfindlich reagieren, führen können.

Die Wechselstrombahnen der Fernbahn mit der Bahnfrequenz von 16 2/3 Hz erhalten den Strom über die Oberleitung 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.

Bei magnetischen Wechselfeldern steht bezüglich der Monitorbeeinflussungen in der Regel ein vom Rand her beginnendes Bildschirmflimmern im Rhythmus der Störfrequenz im Vordergrund. 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.

Die durch die fließenden Ströme verursachten magnetischen Flussdichten üben auf andere geladene Teilchen, z.B. Elektronen, eine Kraft aus, so dass diese abgelenkt werden. Betroffen hiervon sind u.a. Fernsehgeräte, Computermonitore, Rasterelektronenmikroskope oder Massenspektrometer.

Bewegt sich 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 um so größer, je größer die magnetische Flussdichte und je länger die ursprüngliche Flugbahn ist.

3 Elektrische und magnetische Felder im Untersuchungsraum

3.1 Untersuchungsraum

Der PFA 1.2 beginnt bei km 0.4+32 in der Innenstadt von Stuttgart und endet bei km 10.0+30 auf den Fildern südlich des bebauten Stadtgebietes und nördlich der BAB A 8. Der Untersuchungsraum umfasst dicht bebaute Teile der Innenstadt von Stuttgart südöstlich der Willy-Brandt-Straße ebenso wie das Gewerbegebiet Fasanenhof östlich der B 27, im Stadtbezirk Stuttgart Möhringen.

Gegenstand der Untersuchung ist die vier- bzw. zweigleisige Führung der Strecke vom Hauptbahnhof in Richtung Flughafen. Zusätzlich gehört ein Teil der Anlagen für die zweigleisige Strecke Richtung Wangen (km 0.4+32 bis km 1.1+60 bzw. bis km 0.8+55) zum PFA 1.2. Bei km 9.9+90 ist der Bau einer Übergabestation zur Versorgung des Fildertunnels mit Mittelspannungsstrom vorgesehen.

Mit Ausnahme der Portalbereiche (km 0.4+32 bis km 0.6 bzw. km 9.6 bis km 9.9+00) und der Körschtalunterführung (km 8.3 bis km 8.6) verläuft die NBS in einer Tiefe von mehr als 40 m. Hierdurch ergibt sich ein relativ geringes Konfliktpotenzial für elektrische und magnetische Felder.

Im Untersuchungsraum des PFA 1.2 ist keine wesentliche Vorbelastung durch elektrische und magnetische Felder der Frequenz 16 2/3 Hz vorhanden, da es sich um eine Neubaustrecke handelt. Stromführende Anlagen der Frequenz 0 Hz (z.B. Stadtbahnen) bzw. 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 wurden vom Forschungs- und Technologiezentrum der DB AG durchgeführt (DB FTZ 1998). 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 Trasse keine Auswirkungen zu erwarten.

Die unter Annahme ungünstigster Betriebsbedingungen zu erwartenden elektrischen Feldstärken in der ungestörten Umgebung der zweigleisigen Strecke außerhalb des Tunnels sind in Anhang 1 dargestellt. Die Randbedingungen entsprechen dem Standardfall für zweigleisige Hochgeschwindigkeitsstrecken.

Unmittelbar unter der Oberleitung im Gleisbereich beträgt das elektrische Feld ca. 2 kV/m. Es nimmt quadratisch mit der Entfernung ab (vgl. Kap. 2.1.1). In 6 m Abstand von der äußeren Schiene bzw. der Oberleitung liegt die elektrische Feldstärke bei rd. 0,5 kV/m.

Die Werte der elektrischen Feldstärken im Nahbereich der Trasse sind gering. Sie nehmen entfernungsabhängig rasch ab. Wälle und Pflanzen wirken feldschwächend, Gebäude sogar abschirmend (vgl. Kap. 2.1.1). 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 wurden vom Forschungs- und Technologiezentrum der DB AG durchgeführt (DB FTZ 1998, 1999). Die Berechnung der Magnetfelder der Fahrleitungssysteme erfolgte an drei ausgesuchten Querschnitten unter der Annahme ungünstigster Betriebsbedingungen. Berechnet wurde eine zweigleisige und eine eingleisige Bahnstrecke im Fildertunnel mit Normalkorb-bewehrung (vgl. Anhang 2a, 3a) und eine zweigleisige Fernbahnstrecke außerhalb des Fildertunnels (vgl. Anhang 4).

Durch additive Überlagerung der Magnetfeldisolinen der Abbildungen in den Anhängen 2a bzw. 3a kann das Magnetfeld in der Umgebung von zwei zweigleisigen Tunnelröhren bzw. von zwei eingleisigen Tunnelröhren ermittelt werden (vgl. Anhang 2b und 3b) (DB FTZ 1999).

Anhang 2a zeigt das Magnetfeld in der Umgebung einer zweigleisigen Fernbahnstrecke im Tunnel. Als Tunnelbewehrung wurde ein Normalkorb berücksichtigt.

In den Berechnungen wurde zwar die Oberleitungsbauart 2xRi100Cu95, wie sie üblicherweise für Tunnelstrecken der Wechselstrom-S-Bahnen verwendet wird, zugrundegelegt. Hinsichtlich der Magnetfeldausbreitung kann sie aber auch für eine Oberleitung Re 330 (sogar bei parallel verlaufender Verstärkungsleitung herangezogen werden), da es letztlich hauptsächlich auf den Summenstrom einerseits und die Rückstrombewehrung der Fahrschienen bzw. Tunnelbewehrung andererseits ankommt. Dabei sind die geometrischen Abweichungen nur von untergeordneter Bedeutung. Der Summenstrom von 2000 A in den Oberleitungen ist der thermisch zulässige Dauerstrom und deckt nach Einschätzung der DB FTZ (1999) auch alle Betriebsbedingungen (Beschleunigungsfahrten von ICE) ab.

Das Gesamtmagnetfeld der zwei zweigleisigen Tunnelröhren des Fildertunnels erhält man aus der Abbildung im Anhang 2a durch graphisch additive Überlagerung der Magnetfelder. Die graphische Überlagerung ist in Anhang 2b dargestellt. Die Werte der beiden separaten Magnetfelder können zu einem summarischen Gesamtmagnetfeld addiert werden. Im Erdgeschoss der Neckar-Realschule, die von der Trasse in einer Tiefe von rd. 20 m unterfahren wird, beträgt das summarische Gesamtmagnetfeld der zwei zweigleisigen Tunnelröhren im Erdgeschoss demnach rd. 6 μT . In einem Abstand von 40 m von der äußeren Schiene bzw. der Oberleitung beträgt das summarische Gesamtmagnetfeld rd. 1 μT .

Anhang 3a zeigt das Magnetfeld einer eingleisigen Fernbahnstrecke mit Normalkorbbelegung. Das summarische Gesamtmagnetfeld von zwei eingleisigen Tunnelröhren erhält man durch graphisch additive Überlagerung der Magnetfelder. Die graphische Überlagerung ist in Anhang 3b dargestellt. Im Bereich der Unterfahrung des Gewerbegebietes Fasanhof ergibt sich demnach an der Geländeoberkante über der Trasse ein summarisches Gesamtmagnetfeld der zwei eingleisigen Tunnelröhren von rd. 0,8 - 1,5 μT . In einem Abstand von 25 m vom äußeren Gleis bzw. von der Oberleitung erreicht das Gesamtmagnetfeld rd. 1 μT .

Anhang 4 zeigt das Magnetfeld in der Umgebung der zweigleisigen Fernbahnstrecke außerhalb des Tunnels. Die technischen Randbedingungen entsprechen dem Standardfall für zweigleisige Hochgeschwindigkeitsstrecken mit beidseitiger Verstärkungsleitung. Der Rückstromanteil beträgt hier 60 %. Unter der Annahme ungünstigster Betriebsbedingungen liegen die magnetischen Flussdichten in einem Abstand von 15 m von der äußeren Schiene bei rd. 20 μT . In einem Abstand von 100 m von der äußeren Schiene beträgt das Magnetfeld rd. 1 μT .

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

3.3 Prognose der von der Übergabestation ausgehenden Feldstärken

In der Umgebung der geplanten Übergabestation zur Versorgung des Fildertunnels mit Mittelspannungsstrom im Bereich des Portals Filder sind keine Wohngebäude vorhanden. Im Sinne der 26. BImSchV ist nicht davon auszugehen, dass sich Menschen hier nicht nur vorübergehend aufhalten. Empfindliche Geräte und Nutzungen sind ebenfalls nicht vorhanden. Berechnungen zu den von der Übergabestation ausgehenden elektrischen und magnetischen Feldern sind nicht erforderlich und wurden deshalb nicht durchgeführt.

3.3.1 Elektrische Felder

Die von der Übergabestation ausgehenden elektrischen Felder werden durch die Außenwände des ca. 10 m langen, 3,5 m breiten und 2,75 m hohen Bauwerkes weitestgehend abgeschirmt. Dies gilt auch für den Kabelkeller, mit dem das Gebäude ausgerüstet wird. Beeinträchtigungen der menschlichen Gesundheit bzw. empfindlicher Geräte oder Nutzungen sind nicht zu erwarten.

3.3.2 Magnetfelder

Die von der Übergabestation ausgehenden Magnetfelder sind gering. Der Ländesausschuss für Immissionsschutz (LAI 1998) hat Hinweise zur Durchführung der Verordnung über elektromagnetische Felder formuliert. Demnach verursacht eine Netzstation einen Einwirkungsbereich, in dem sich der Immissionsbeitrag signifikant von der Hintergrundbelastung abhebt, unabhängig davon, ob die Immissionen tatsächlich schädliche Umweltauswirkungen auslösen. Der Einwirkungsbereich von Netzstationen umfasst einen an die Anlage angrenzenden Streifen von 1 m. Beeinträchtigungen der menschlichen Gesundheit sind nicht zu erwarten, da es hier nicht zu einem dauerhaften Aufenthalt von Menschen im Sinne der 26. BImSchV kommt.

Beeinträchtigungen empfindlicher Geräte oder Nutzungen sind nicht zu erwarten, da in der Umgebung der Netzstation keine empfindlichen Geräte oder Nutzungen vorhanden sind.

4 Beeinträchtigungen durch projektbedingte Eingriffe

4.1 Baubedingte Beeinträchtigungen

Das zum Einsatz kommende Auffahrkonzept für die Tunnelröhren und ~~die Zwischenangriffe Sillenbuch bzw. Weidachtal~~ den Zwischenangriff Sigmaringer Straße im PFA 1.2 ist die Spritzbetonmethode. Hierbei sind Beeinträchtigungen der menschlichen Gesundheit oder von empfindlichen Geräten bzw. Nutzungen durch elektrische und magnetische Felder nicht zu erwarten.

4.2 Anlagebedingte Beeinträchtigungen

Anlagebedingte Emissionen von elektrischen und magnetischen Feldern der Bahnüberleitungen, die zu einer Beeinträchtigung der menschlichen Gesundheit oder von empfindlichen Geräten bzw. Nutzungen 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 Übergabestation zur Versorgung des Fildertunnels mit Mittelspannungsstrom, die zu einer Beeinträchtigung der menschlichen Gesundheit führen, sind nicht zu erwarten, da es hier nicht zu einem dauerhaften Aufenthalt von Menschen im Sinne der 26. BImSchV kommt. Beeinträchtigungen von empfindlichen Geräten oder Nutzungen sind ebenfalls nicht zu erwarten.

4.3 Betriebsbedingte Beeinträchtigungen

Beeinträchtigungen der menschlichen Gesundheit durch die von den Bahnüberleitungen ausgehenden elektrischen oder magnetischen Felder sind nicht zu erwarten, da die Ergebnisse der Berechnungen belegen, dass auch unter der Annahme ungünstigster Betriebsbedingungen die Grenzwerte der 26. BImSchV unterschritten werden.

In der Umgebung der Trasse kann es zu Beeinflussungen von Sachgütern, vor allem von Monitoren mit Kathodenstrahlröhre, kommen. 17"-Monitore zeigen bereits ab rd. 1 μT ein beginnendes Flimmern.

Auch medizinische und wissenschaftliche Laborgeräte wie Elektrokardiographie- und Elektroenzephalographiegeräte oder Rasterelektronenmikroskope, die empfindlich gegen Magnetfelder reagieren, können beeinflusst werden (vgl. Kap. 2.1.2).

Beeinträchtigungen von Monitoren mit Kathodenstrahlröhre sind im Bereich der zweigleisigen Fildertunnelröhren mit Normalkorbbewehrung in einem Abstand von rd. 40 m zur äußeren Schiene bzw. zu den Oberleitungen nicht auszuschließen. Im Bereich der zwei eingleisigen Fildertunnelröhren reduziert sich dieser Bereich auf rd. 25 m, bei Führung der Trasse außerhalb des Fildertunnels (km 9.9+00 bis 10.0+30) erhöht sich dieser Bereich auf bis zu 100 m. Am Portal des Fildertunnels in der Innenstadt von Stuttgart verläuft die Trasse ab km 0.6 in einer Tiefe von mehr als 40 m, am Filderportal verläuft sie bis km 9.5 in einer Tiefe von mehr als 30 m (Überdeckung über der Oberleitung rd. 25 m). Beeinträchtigungen von Monitoren mit Kathodenstrahlröhre können hier ausgeschlossen werden.

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 ggf. Messungen der Magnetfelder im Einzelfall durchzuführen und im Hinblick auf die derzeitige Nutzung zu beurteilen.

An der Übergabestation im Bereich des Portals Filder sind Beeinträchtigungen der menschlichen Gesundheit nicht zu erwarten, da es hier nicht zu einem dauerhaften Aufenthalt von Menschen im Sinne der 26. BImSchV kommt.

Beeinträchtigungen von empfindlichen Geräten bzw. Nutzungen sind nicht zu erwarten, da in der Umgebung der Netzstation keine empfindlichen Geräte oder Nutzungen vorhanden sind.

5 Möglichkeiten zur Vermeidung und Verminderung projektbedingter Umweltauswirkungen

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

Falls die anlagentechnischen Maßnahmen am Entstehungsort nicht ausreichen, sind Abschirmungen aus Mu-Metall zu konzipieren und anzuordnen. Derartige Abschirmvorrichtungen stehen für Computer-Monitore handelsüblich zur Verfügung. Als Alternativen sind sogenannte röhrennahe Abschirmungen denkbar, die direkt über die Bildröhre und die Ablenkeinheit des jeweiligen Gerätes gesteckt werden.

Zusätzlich sind aktive Abschirmungen möglich, die auftretende Wechselfelder in einem bestimmten Raum kompensieren, in dem 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 Raumschirmungen mit Induktionsschleifen nach dem gleichen Prinzip installiert werden.

Monitore ohne Kathodenstrahlröhre wie z. B. Flüssigkristalldisplays (LCD) werden von Magnetfeldern nicht beeinflusst und sind deshalb in Bereichen mit einer Störwirkung einsetzbar.

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

6 Zusammenfassung

Der Erläuterungsbericht Elektrische und magnetische Felder beschreibt und bewertet die durch den Bau und den Betrieb der Fernbahnstrecken sowie der sonstigen elektrotechnischen Anlagen emittierten niederfrequenten elektrischen und magnetischen Felder und deren Auswirkungen auf den Menschen sowie auf Sachgüter.

Auswirkungen auf den Menschen

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 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 der Übergabestation ausgehende elektrische und magnetische Wechselfelder der Frequenz 50 Hz sind nicht zu erwarten, da es hier nicht zu einem dauerhaften Aufenthalt von Menschen im Sinne der 26. BImSchV kommt.

Auswirkungen auf Sachgüter

Beeinflussungen von Sachgütern durch magnetische Wechselfelder der Frequenz 16 2/3 Hz sind in der Umgebung der Bahnoberleitungen nicht auszuschließen. Beeinflussungen von Monitoren mit Kathodenstrahlröhre können im Bereich der zweigleisigen Fildertunnelröhren mit Normalkorbbewehrung in einem Abstand von rd. 40 m, jeweils bezogen auf die äußere Schiene bzw. die Oberleitung nicht ausgeschlossen werden. Im Bereich der beiden eingleisigen Fildertunnelröhren reduziert sich dieser Bereich auf rd. 25 m, bei Führung der Trasse außerhalb des Tunnels erhöht sich dieser Bereich auf bis zu 100 m. Beeinflussungen empfindlicher Labor- oder Diagnosegeräte in noch größerem Abstand sind im Einzelfall nicht auszuschließen.

Beeinflussungen von Sachgütern durch elektrische und magnetische Wechselfelder der Frequenz 50 Hz sind in der Umgebung der Übergabestation nicht zu erwarten, da hier keine empfindlichen Geräte und Nutzungen vorhanden sind.

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

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.

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 (1998):

Projekt Stuttgart 21 Gutachterliche Stellungnahme zur Umweltverträglichkeitsprüfung über Wirkungen niederfrequenter elektrischer und magnetischer Felder.

DB FTZ - Deutsche Bahn Forschungs- und Technologie-Zentrum (1999):

Projekt Stuttgart 21, PFA 1.2 Fildertunnel; elektrische und magneti-

sche Felder. Nachweis der Grenzwerteinhaltung gemäß 26. BImSchV bzw. Aussagen zur Beeinflussungswahrscheinlichkeit von Monitoren.

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. *Health Physics*, 58, 113-122.

INTERNATIONAL COMMISSION ON NON-IONIZING RADIATION PROTECTION (1998):

Guidelines for limiting exposure to time-varying electric, magnetic and electromagnetic fields (up to 300 GHz), *Health Physics*, 74, 494-522.

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.

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 Potenzialdifferenz, 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 „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.

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 bzw. magnetische Flussdichte, 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-Bahnstrecke mit Oberleitung, 15 kV
- Anhang 2a: Magnetische Induktion in der Umgebung einer zweigleisigen Wechselstrom-Tunnelstrecke mit Oberleitung, 15 kV
- Anhang 2b: Magnetische Induktion in der Umgebung von zwei zweigleisigen Wechselstrom-Tunnelstrecken mit Oberleitung, 15 kV
Graphische Überlagerung der Isolinien
- Anhang 3a: Magnetische Induktion in der Umgebung einer eingleisigen Wechselstrom-Tunnelstrecke mit Oberleitung, 15 kV
- Anhang 3b: Magnetische Induktion in der Umgebung von zwei eingleisigen Wechselstrom-Tunnelstrecken mit Oberleitung, 15 kV
Graphische Überlagerung der Isolinien
- Anhang 4: Magnetische Induktion in der Umgebung einer zweigleisigen Wechselstrom-Bahnstrecke mit Oberleitung, 15 kV

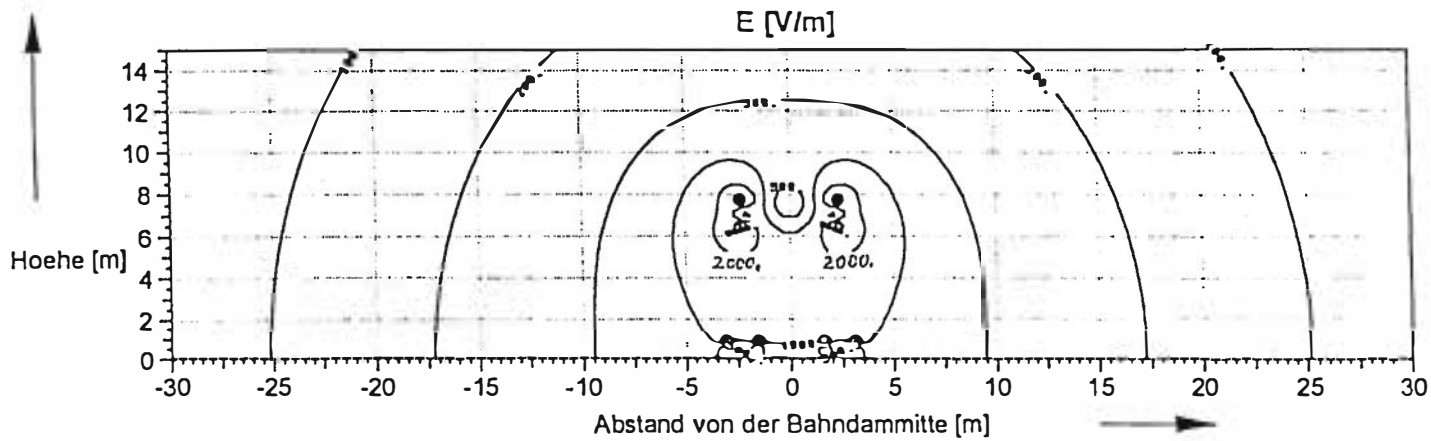
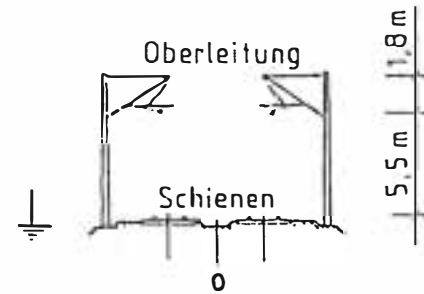
Anhang 1:

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

Deutsche Bahn, FTZ, IT 412

Beeinflussung durch Wechselstrombahnen

Modellberechnung zum Nachweis gemäß 26. BImSchV



Elektrische Feldstärke in der Umgebung der Anlage
 Zweigleisige Wechselstrom-Bahnstrecke mit Oberleitung, 15 kV ($U_B \text{ max}=17,25 \text{ kV}$)

Angerer/Wiesner
 EMF 1.03
 E-F15KV 05.06.1998
 C:EMFZBT412WI13

Anhang 2a:

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

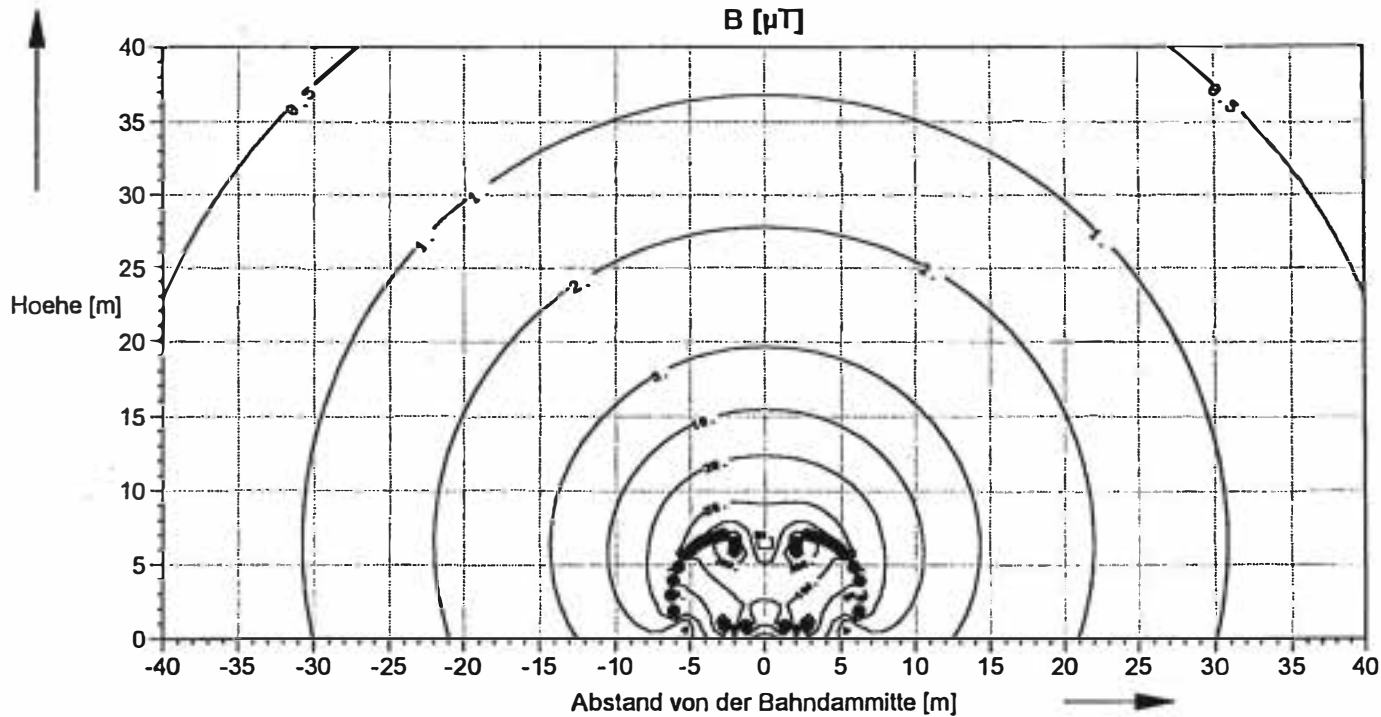
Deutsche Bahn, FTZ, BT 412

Beeinflussung durch Wechselstrombahnen

Modellberechnung zum Nachweis gemäß 26. BImSchV

REFINE 9.026

Copyright (C) SIEMENS AG 1998 All Rights Reserved.



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
 2GLTUOS9 04.12.1998
 C:\EMFOL

Anhang 2a:

Anhang 2b:

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

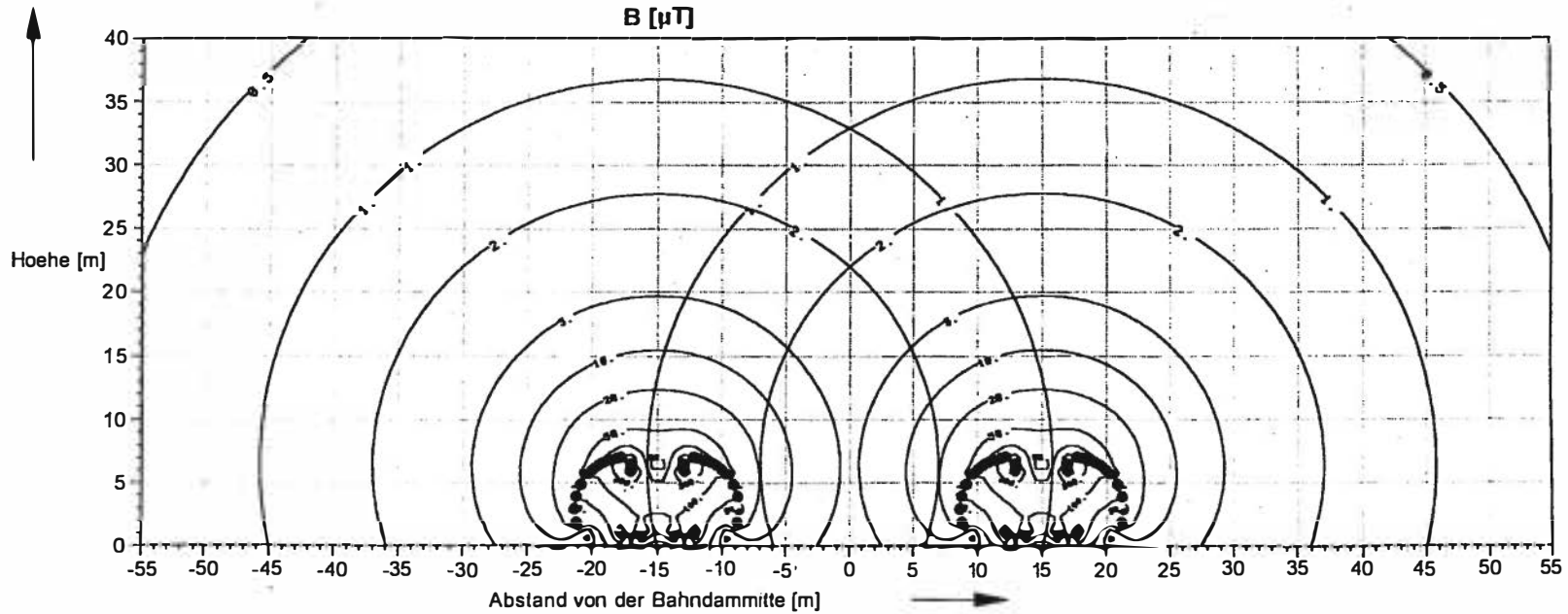
Deutsche Bahn, FTZ, BT 412

Beeinflussung durch Wechselstrombahnen

Modellberechnung zum Nachweis gemäß 26. BImSchV

REFINE 9.026

Copyright (C) SIEMENS AG 1998 All Rights Reserved.



Überlagerung der magnetischen Induktion von zwei 2-gleisigen Tunnelstrecken mit Normalkorbbelegung

Anhang 2b:

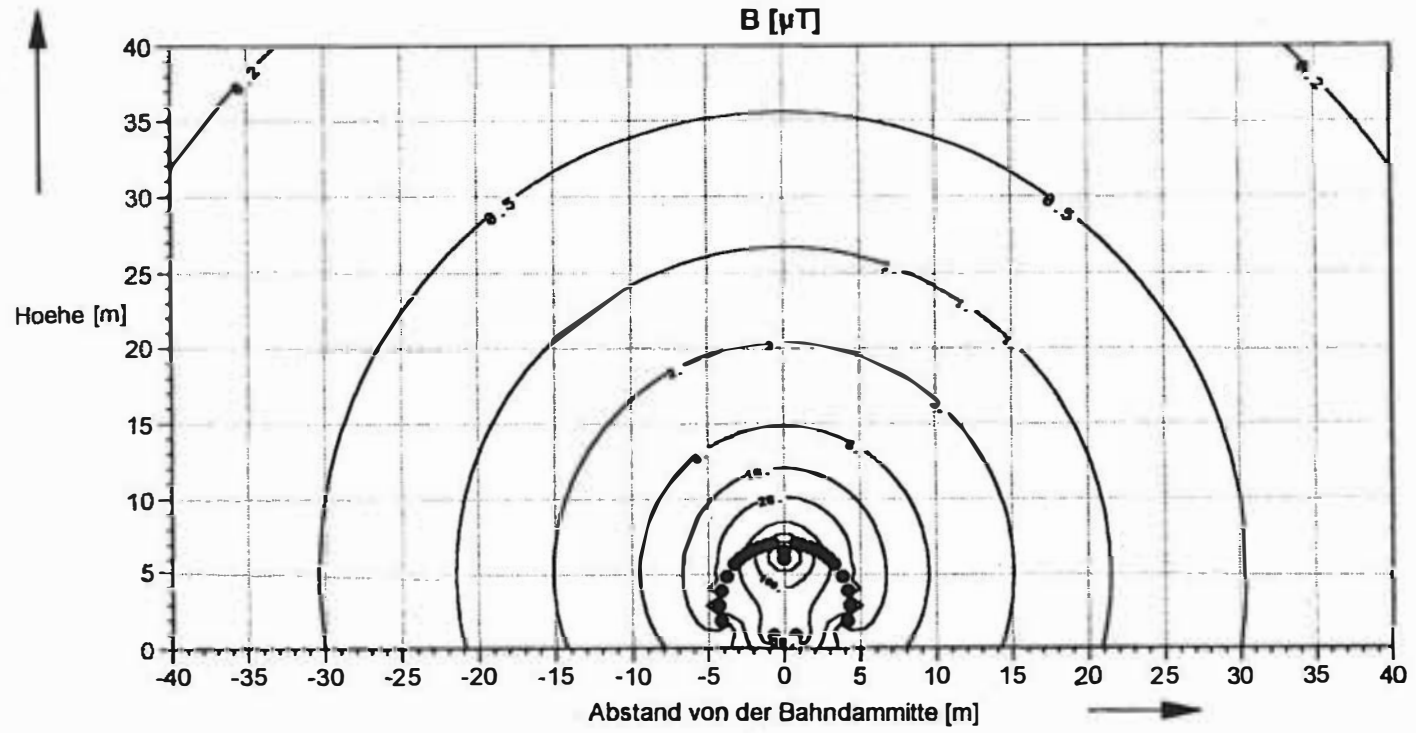
Anhang 3a:

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

Modellberechnung zum Nachweis gemäß 26. BImSchV

REFINE 9.029

Copyright (C) SIEMENS AG 1998 All Rights Reserved



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\IOL

Anhang 3a:

Anhang 3b:

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

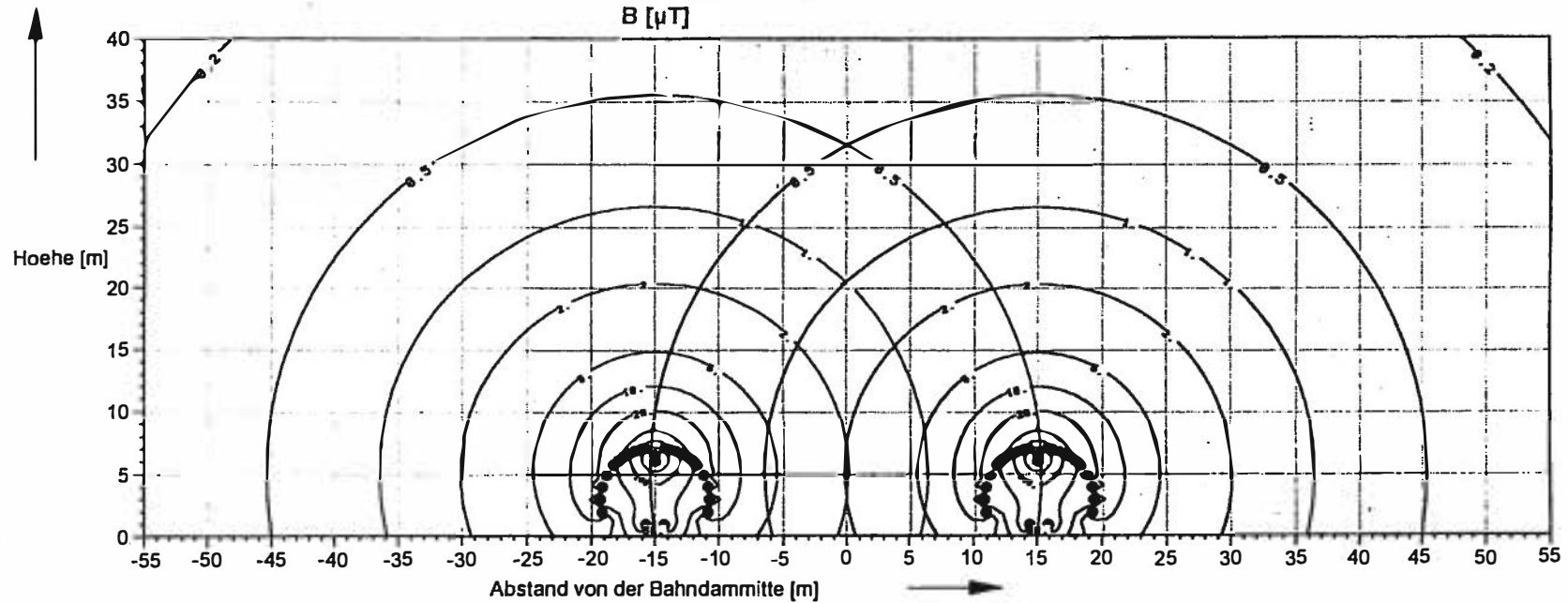
Deutsche Bahn, FTZ, BT 412

Beeinflussung durch Wechselstrombahnen

Modellberechnung zum Nachweis gemäß 26. BImSchV

REFINE 9.026

Copyright (C) SIEMENS AG 1998 All Rights Reserved.



Überlagerung der magnetischen Induktion von zwei eingleisigen Tunnelstrecken mit Normalkorbbelegung

Anhang 3b

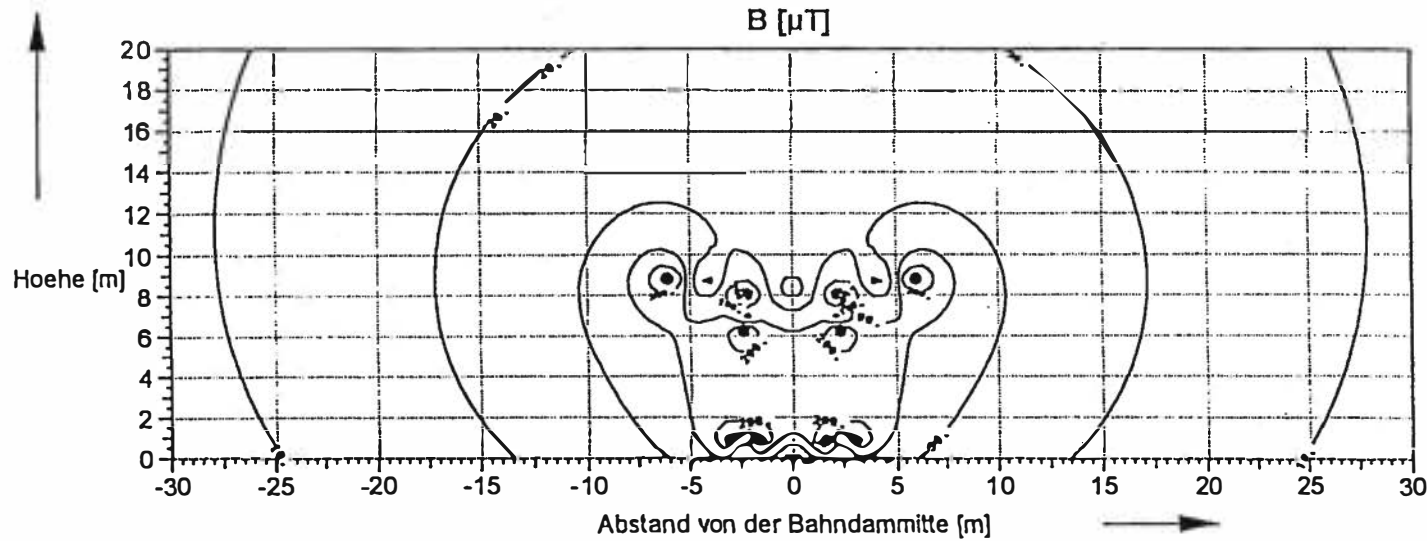
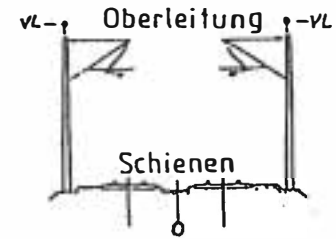
Anhang 4:

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

Deutsche Bahn AG, FTZ, BT 412

Beeinflussung durch Wechselstrombahnen

Modellberechnung zum Nachweis gemäß 26. BImSchV



Magnetische Induktion in der Umgebung der Anlage
 Wechselstrom-Bahnstrecke, 2-gleisig (HGV) mit 2 SL/VL
 OL Re 330, $I_o=1600$ A, $I_{sL}=1290$ A, $I_s=1740$ A = 60%

M. Angerer/R. Wiesner
 EMF 1.03
 2GL2VLMS 09.12.1997
 C:\EMF\OL

Anhang 4: