

Strahlentelex mit ElektrosmogReport

Fachinformationsdienst zur Bedeutung elektromagnetischer Felder für Umwelt und Gesundheit

10. Jahrgang / Nr. 1

nova-Institut

Januar 2004

Niederfrequenz-Belastungsminimierung

Möglichkeiten zur Magnetfeldreduktion an Bahnstrom-Hochspannungsfreileitungen

Der Bau einer neuen 110-kV-Bahnstrom-Hochspannungsfreileitung entlang einer bestehenden Bahnlinie im Kölner Süden stieß auf starke Proteste der Anwohner hinsichtlich der Belastungen durch niederfrequente magnetische Wechselfelder. Berechnungen des nova-Instituts über die zusätzlich zu erwartenden Belastungen haben ergeben, dass durch einen Phasentausch die Belastung für die Anwohner erheblich reduziert werden kann. Nach anfänglicher Skepsis stimmte die Deutsche Bahn AG dem Phasentausch-Umbau zu.

Die Anwohner von Bahnanlagen, Lokomotivführer, Zugbegleiter sowie Bahnreisende sind naturgemäß höheren niederfrequenten Magnetfeldern ausgesetzt als die Normalbevölkerung. In Abweichung von der sonst üblichen Frequenz von 50 Hz für die öffentliche Stromversorgung werden Bahnstromleitungen mit 16 2/3 Hz betrieben.

Im Gegensatz zur öffentlichen Stromversorgung ergeben sich bei Bahnstromleitungen durch den stark wechselnden Stromverbrauch der Elektroloks innerhalb kurzer Zeiträume - Bruchteile von Minuten - starke Schwankungen des magnetischen Wechselfeldes.

Empfehlungen und Grenzwerte für magnetische Wechselfelder	50 Hz-Feld (μ T)	16 2/3 Hz-Feld (μ T)
Gesetzlicher Grenzwert / 26. BImSchV	100	300
Empfehlung nova-Institut (Dauerbelast.)	0,2	0,6
Richtwert der NRW-Bauleitplanung	10	
zum Vergleich: Typische Werte in Wohn- und Büroräumen	0,05 bis 0,2	

Anm.: Die Frequenzabhängigkeit biologischer Wirkungen niederfrequenter Magnetfelder ist wenig untersucht. Die von der ICNIRP angewandte lineare Frequenzabhängigkeit erscheint allerdings plausibel und wird daher auch bei den Vorsorgeempfehlungen angewandt. D.h. 0,2 μ T bei 50 Hz entsprechen 0,6 μ T bei 16 2/3 Hz.

Anwohner protestieren gegen 110.000 Volt Bahnstromleitung

Wegen der häufig bereits vorhandenen relativ hohen Magnetfelder reagieren die Anwohner von Bahntrassen bei bevorstehenden zusätzlichen Belastungen recht sensibel.

Im konkreten Fall stand in Köln die zusätzliche Installation einer Bahnstrom-Hochspannungsleitung an, die die Deutsche Bahn AG auf eigenem Gelände führen wollte und daher entlang der vorhandenen Bahntrasse projektiert hat. Die Streckenführung durch die

links- und rechtsrheinischen Wohngebiete tangiert 8 Kindergärten, und insgesamt sind ca. 43.000 Anwohner unmittelbar betroffen. Das Planfeststellungsverfahren für den Bau der Bahnstrom-Hochspannungsfreileitung stammt aus dem Jahr 1992 und ist seitdem nicht mehr überprüft worden. Die Sensibilität in der Bevölkerung bezüglich der Gefahren durch elektromagnetische Felder ist inzwischen aber erheblich gestiegen, so dass sich zu Beginn der Bauarbeiten für die neue Leitung im Frühjahr 2002 erheblicher Protest der Anwohner formierte und sich eine „Interessengemeinschaft Bahnbetreffende“ gründete, um den Leitungsbau zu verhindern.

Nachdem eine Informationsveranstaltung mit Vertretern der Deutschen Bahn AG für die betroffenen Bürgerinnen und Bürger eher ergebnislos verlaufen war wurde im Juni 2002 das nova-Institut vom Kreisverband Bündnis 90/Die Grünen in Köln beauftragt, noch vor Inbetriebnahme der neuen Bahnstrom-Hochspannungsleitung eine Messung der schon vorhandenen Belastungen durchzuführen, und mit entsprechenden Angaben der DB-Energie die zu erwartenden zusätzlichen Magnetfelder zu berechnen.

Messungen der vorhandenen Belastung durch Fahrstrom- und Speiseleitungen 15 kV

Vorgehensweise

Der schnelle Wechsel der durch Bahnstromleitungen verursachten Magnetfelder stellt ein Problem für die Vergleichbarkeit der Messergebnisse an unterschiedlichen Standorten dar, da die Messungen natürlich immer mit einem gewissen Zeitabstand erfolgen und die Stromführung der Trasse dann bereits wieder ganz anders sein kann als beim vorigen Messpunkt.

Um trotz dieser Problematik vergleichbare Messergebnisse zu erhalten, wird folgendes Normierungsverfahren angewandt: An einem Standort in der Nähe der Bahntrasse wird eine Magnetfeld-Dauermessung installiert. Der hier ermittelte Zeitverlauf des Magnetfeldes gestattet zusammen mit der genauen Zeitprotokollierung der Einzelmesswerte für jeden Einzelmesspunkt die Berechnung des dort im Wochenmittel zu erwartenden Magnetfeldes.

Messergebnisse der Dauermessung:

Der Zeitverlauf des Magnetfeldes zeigt ein sehr unterschiedliches Bild mit hohen Spitzenwerten vornehmlich in den Zeiten zwischen

Weitere Themen

Wirkung von EMF auf die Mikrozirkulation, S. 3

Amerikanische Forscher vermuten eine Verbesserung der Gewebedurchblutung durch gepulste niederfrequente Felder. Dies könnte ein Mechanismus sein, durch den diese Felder die Knochenheilung fördern.

Workshop zu Schlafstörungen, S. 4

Wissenschaftler aus aller Welt stellen Studien zu möglichen Einflüssen elektromagnetischer Strahlung auf Schlaf und Gehirnleistung vor. Beklagt wurden fehlende Geldmittel für Wiederholungsstudien.

10:00 und 20:00 Uhr und teilweise sehr niedrigen Werten, vornehmlich in den Nachtstunden.

In der folgenden Tabelle 2 sind die am Standort der Dauermessung (die sich direkt am Bahndamm befand) ermittelten Maxima und Mittelwerte im Wochenverlauf dargestellt. Für jeden Tag wurden sowohl ein Gesamtmittelwert als auch einzelne Mittelwerte für die Tagesstunden (6 bis 22 Uhr) und für die Nachtstunden (22 bis 6 Uhr) berechnet. Abschließend folgen die Endergebnisse für die gesamte Woche.

Tabelle 2: Maximalwerte und Mittelwerte am Standort der Dauermessung (direkt am Bahndamm)

	16 2/3 Hz-Magnetfeld in μ T			
	Maximum	Mittelwert Tag (6–22 Uhr)	Mittelwert Nacht (22–6 Uhr)	Mittelwert gesamt (0–24 Uhr)
Freitag	7,99	1,55	0,98	1,36
Samstag	7,93	1,36	0,83	1,18
Sonntag	8,00	1,31	0,66	1,09
Montag	11,56	1,59	0,76	1,31
Dienstag	8,60	1,57	0,93	1,36
Mittwoch	7,98	1,64	0,97	1,41
Donnerstag	8,60	1,61	1,01	1,41
Gesamt	11,56	1,52	0,87	1,31

Ergebnisse der Einzelmessungen

Die Ergebnisse der Einzelmessungen sind in Tabelle 3 dargestellt. Hier sind die im Wochenmittel zu erwartenden Mittelwerte aufgeführt, die sich aus der zuvor beschriebenen Normierung für Standorte in unterschiedlichen Abständen vom Gleis ergeben.

Tabelle 3: Normierte Magnetfeld-Mittelwerte

Abstand vom Gleis in m	Magnetfeld in μ T	Abstand vom Gleis in m	Magnetfeld in μ T
14	1,49	30	0,79
15	1,46	32	0,94
16	1,46	34	0,73
18	1,38	36	0,68
20	1,24	51	0,63
22	1,17	51	0,58
24	1,08	51	0,62
26	0,97	52	0,54
28	0,78	52	0,66
28	0,92	70	0,54

Insgesamt zeigen die Messergebnisse der normierten Mittelwerte ein deutlich erkennbares und plausibles Abstandsverhalten. Das bedeutet für die untersuchten Grundstücke, dass für den Innenbereich der Häuser die Magnetfelder sich im Bereich der vom nova-Institut empfohlenen Vorsorgewerte bewegen, im Gartenbereich zur Bahntrasse liegen die Magnetfelder allerdings höher.

Da die vorhandene Magnetfeldbelastung die Vorsorgeempfehlungen teilweise übersteigt, sollten zusätzliche Belastungen durch Erweiterungen der Bahntrasse so gering wie möglich gehalten werden.

Magnetfeldberechnung Hochspannungsfreileitung

Die für die Berechnung erforderlichen technischen Daten wie Geometrie der Masten und Leiterseile, Betriebsspannung sowie die zu erwartenden Betriebsströme der Hochspannungsfreileitung wurden von der DB-Energie GmbH zur Verfügung gestellt. Die Trasse besteht aus zwei parallel geschalteten Stromkreisen, die jeweils für einen Maximalstrom von 760 A ausgelegt sind. Laut

Auskunft der DB-Energie beträgt die typische Auslastung 20 Prozent des Maximalstroms.

Aus den geometrischen Daten der Trasse (Mastpositionen und -höhen, Aufhängepunkte und Durchhang der Leiterseile) wurden 15 Spannfelder vollständig modelliert, um die Berechnungen der zu erwartenden magnetischen Wechselfelder in der Umgebung der Trasse mit dem Computerprogramm @WinField, FGEU, Berlin, durchführen zu können.

Zu den von der DB-Energie angegebenen Trassendaten gehört auch die Phasenbelegung der einzelnen Stromkreise, die laut Planung in der Reihenfolge (RT – RT) vorgesehen ist.

Die Feldverläufe elektrischer und magnetischer Wechselfelder in der Umgebung einer Hochspannungsfreileitung zeigen häufig eine erhebliche Abhängigkeit von der Phasenbelegung der einzelnen Stromkreise. Dies gilt insbesondere bei einer Trasse der hier vorliegenden Art mit zwei gleichartigen parallel geschalteten Stromkreisen, die – wegen der Parallelschaltung – gleich hohe Ströme führen.

Um den Einfluss der Phasenbelegung zu untersuchen, wurden alle Berechnungen sowohl mit der von der DB-Energie geplanten Phasenbelegung (RT – RT) als auch mit einer alternativen Phasenbelegung durchgeführt, wobei auf einer Seite der Trasse die Phasenbelegung des Stromkreises vertauscht wurde, so dass sich insgesamt die Phasenfolge (RT – TR) ergibt. Hierdurch ist im Außenbereich der Trasse eine bessere Kompensation der Einzelströme zu erwarten. Alle sonstigen Berechnungsparameter – insbesondere Leiterseilgeometrie und Stromführung – bleiben gleich.

Berechnungsergebnisse

Das Untersuchungsgebiet lässt sich grob unterteilen in die dichter bebaute westliche Hälfte mit kurzen Spannfeldern (ca. 100 Meter) und wenig bebaute östliche Hälfte mit langen Spannfeldern (ca. 300 Meter). Aufgrund des unterschiedlichen Durchhangs der Leiterseile ergeben sich für die beiden Bereiche deutlich unterschiedliche Magnetfeldverteilungen.

Hinsichtlich der maximalen Auslastung der Trasse ist in den folgenden Tabellen für einige exemplarische Magnetfeldwerte aufgeführt, bis zu welchen Abständen von der Trassenmitte sich die Zonen mit dieser Magnetfeldbelastungen maximal erstrecken:

Tabelle 4: Berechnung des magnetischen Wechselfeldes im Bereich kurzer Spannfelder (ca. 100 m)

Magnetfeld in μ T	Abstand von der Trassenmitte der Hochspannungsleitung in m	
	Phasenfolge R T – R T	Phasenfolge R T – T R
2,0	0	-
1,5	10	-
1,2	16	-
0,9	23	2
0,6	30	12
0,3	48	22

Tabelle 5: Berechnung des magnetischen Wechselfeldes im Bereich langer Spannfelder (ca. 300 m)

Magnetfeld in μ T	Abstand von der Trassenmitte der Hochspannungsleitung in m	
	Phasenfolge R T – R T	Phasenfolge R T – T R
4,0	0	-
3,0	11	5
2,0	18	11
1,5	24	14,5
1,2	27	17
0,9	33	20
0,6	40	24
0,3	59	32

Die Berechnungen zeigen, dass durch optimierte Phasenbelegung erhebliche Verbesserungsmöglichkeiten bzgl. der Magnetfeldbelastungen im Außenbereich der Trasse bestehen. Im Wesentlichen wird der gesamte Bereich, in dem die Vorsorgeempfehlungen für Magnetfelder überschritten werden, erheblich schmaler. Im Bereich der großen Spannungsfelder mit niedrig hängenden Leiterseilen wird dieser Vorteil teilweise dadurch erkauft, dass das Magnetfeld unmittelbar unterhalb der Trasse etwas ansteigt.

Insgesamt zeigt sich jedoch, dass bei relativ hohen Masten durch optimierte Phasenbelegung für die Anwohner der Trasse eine erhebliche Magnetfeldreduktion erreicht werden kann, ohne im Zentralbereich der Trasse für Zugreisende und Bahnpersonal höhere Magnetfelder zu bewirken.

Die Felder der neuen Hochspannungsfreileitung stellen für die in der Nähe der Bahntrasse wohnenden Menschen eine Magnetfeldbelastung dar, die zu der schon vorhandenen Belastung durch die bestehende Bahntrasse hinzukommt. Um diese zusätzliche Belastung so gering wie möglich zu halten, sollte die optimierte Phasenbelegung angewandt werden. Der Umbau ist mit verhältnismäßig geringem technischen Aufwand möglich.

Magnetfeldminimierung durch Phasentausch

Die beiden Gutachten des nova-Instituts wurden der Deutschen Bahn AG zur Verfügung gestellt. Nach Inbetriebnahme der neuen Bahnstrom-Hochspannungsfreileitung wurden aufgrund erneuter Anwohnerproteste von der DB AG im März des vergangenen Jahres eigene Messungen durchgeführt, die vom Sachverständigen des nova-Instituts begleitet wurden. Da die gesetzlichen Grenzwerte bei diesen Messungen weit unterschritten wurden, sah die Deutsche Bahn AG keine Veranlassung, Minimierungsmaßnahmen durchzuführen. Bei der Vorstellung der bahneigenen Messungen im Rahmen einer Info-Veranstaltung für die Anwohner konnten die ebenfalls vorgestellten Minimierungsmaßnahmen des nova-Instituts die Vertreter der Bahn AG überzeugen, so dass dem vorgeschlagenen Phasentausch zugestimmt wurde und dieser inzwischen auch durchgeführt worden ist.

Peter Nießen und Monika Bathow

Quellen:

1. Gutachten zur Feststellung der Belastung durch niederfrequente magnetische Wechselfelder in der Nähe einer 15 kV Speise- und Fahrleitung
2. Gutachten zur Feststellung der Belastung durch niederfrequente magnetische und elektrische Wechselfelder in der Nähe einer 110-kV-Bahnstrom-Hochspannungsfreileitung

Beide Gutachten wurden erstellt vom nova-Institut, Hürth, 2002-06 und 2002-08, im Auftrag von Bündnis 90/Die Grünen, Kreisverband Köln und können eingesehen werden unter:

<http://www.gruenekoeln.de/Bezirk7/hochspan.htm>

Hochfrequenz

Wirkung von EMF auf die Mikrozirkulation

Gepulste niederfrequente elektromagnetische Felder verursachen in einer amerikanischen Untersuchung eine Weitung der kleinsten Blutgefäße. Dies könnte der Grund sein, warum eine Behandlung mit diesen Feldern die Knochenheilung fördern kann.

Gepulste niederfrequente Felder werden genutzt, um die Heilung von Knochenbrüchen zu fördern. Allerdings ist der Wirkmechanismus unbekannt. In Deutschland ist die Pulsierende Signaltherapie bekannt, die auch bei Arthrosen Verwendung findet. Das betroffene Gelenk wird dabei mit Feldstärken von 1 bis 2,5 Millitesla

niedriger Frequenz (5 bis 12 Hz) behandelt. Beim Magnetodynverfahren werden in einer Spule elektromagnetische Wechselfelder von maximal 20 Hz und einer Stärke zwischen 2 und 10 Millitesla erzeugt. Die Felder erhöhen die Temperatur des durchflossenen Bindegewebes und Knochens nicht.

Von Wissenschaftlern der Wakeforst-Universität in Nord-Carolina wurde untersucht, ob die Wirkung dieser gepulsten Felder möglicherweise auf einer Verbesserung der Mikrozirkulation beruht, das heißt auf einer Verbesserung der Gewebedurchblutung (Smith et al. 2004). Dazu wurde ein Muskel der Kaumuskelatur (Cremaster-Muskel) bei betäubten Ratten 2 oder 60 Minuten lang mit pulsierenden niederfrequenten elektromagnetischen Feldern behandelt. Die Durchmesser der kleinen Arterien, der so genannten Arteriolen, wurden vor und nach der Exposition gemessen, und mit den Verhältnissen bei scheinexponierten Tieren verglichen. Bei den 14 exponierten Tieren war der Durchmesser nach 2 Minuten um 9 Prozent und nach 60 Minuten um 8,7 Prozent vergrößert, während bei den scheinexponierten Tieren keine Veränderungen auftraten. Die elektromagnetische Behandlung hatte keinen Einfluss auf den Blutdruck, die Herzfrequenz oder die Temperatur des Gewebes. Nach Auffassung der Autoren unterstreichen diese Ergebnisse die Hypothese, nach der die lokale Applikation pulsierender niederfrequenter EMF eine signifikante Weitung der Arteriolen verursacht.

In einer japanischen Studie wurde untersucht, ob möglicherweise auch statische Magnetfelder die Knochenbildung fördern können (Yamamoto et al. 2003). Dazu wurde eine Kultur von Knochenzellen einem statischen Magnetfeld ausgesetzt. Innerhalb des 20-tägigen Versuchs nahmen verschiedene Parameter der Knochenbildung, wie etwa die Zahl und Größe der Knochenknötchen, ihre Mineralisierung und ihr Kalziumgehalt zu. Die Wissenschaftler folgerten, dass statische Magnetfelder die Knochenbildung durch Differenzierung und/oder Aktivierung der Knochenzellen (Osteoblasten) fördern könnten.

Quellen:

1. Smith TL, Wong-Gibbons D, Maultsby J. Microcirculatory effects of pulsed electromagnetic fields. *J Orthop Res* 2004;22(1):80-4.
2. Yamamoto Y, Ohsaki Y, Goto T, Nakasima A, Iijima T. Effects of static magnetic fields on bone formation in rat osteoblast cultures. *J Dent Res* 2003;82(12):962-6.

Tiere

Reduzierung der Milchleistung von Kühen

Nach einer kanadischen Studie reduzieren starke elektromagnetische Felder die Milchleistung von Kühen. Wissenschaftler des Instituts für Tierwissenschaften der McGill-Universität in Quebec setzten 16 Kühe einem vertikalen elektrischen Feld von 10 kV/m (Kilovolt/Meter) und einem horizontalen 60-Hertz-Magnetfeld von 30 Mikrottesla aus. Die Tiere wurden in zwei Gruppen eingeteilt. Sie wurden in einer unterschiedlichen Reihenfolge entweder für etwa 25 Tage dem elektromagnetischen Feld ausgesetzt oder scheinexponiert. Während der Zeiten mit EMF-Exposition nahm die Milchmenge um durchschnittlich 5 Prozent ab, der Milchlaktgehalt war um 16 Prozent vermindert. Die Aufnahme von Trockenfutter nahm dagegen um 5 Prozent zu.

Quelle:

Burchard JF, Monardes H, Nguyen DH. Effect of 10 kV, 30 microT, 60 Hz electric and magnetic fields on milk production and feed intake in nonpregnant dairy cattle. *Bioelectromagnetics* 2003;24(8):557-63.